

HAVO

Biologie voor jou

bvi



bvj

5^b

HAVO

biologie voor jou
LEEROPDRACHTENBOEK



BIOLOGIE VOOR DE BOVENBOUW
HAVO

AUTEURS

MARIANNE GOMMERS
ARTHUR JANSEN
ANDRÉ VAN LEIJEN
RUUD PASSIER
HANS RAWEE
THEO DE ROUW

EINDREDACTIE

ILSE GMELIG
LINEKE PIJNAPPELS

MET MEDEWERKING VAN

PAULA VAN KRANENBURG
CEES MULDER
RENÉ WESTRA

MAX RELEASE 2020

MALMBERG 'S-HERTOGENBOSCH
WWW.BIOLOGIEVOORJOU.NL

Voorwoord

Dit boek maakt deel uit van de methode *Biologie voor jou* voor de bovenbouw van het havo. Met deze methode kun je (met aanwijzingen van je docent) oefenen op je eigen niveau, en je goed voorbereiden op proefwerken en examens. We gebruiken in deze methode ‘docent’, ‘leerling’ en ‘bioloog’ voor beide geslachten.

Biologie voor jou bestaat uit leeropdrachtenboeken, uitwerkingenboeken en een digitale leeromgeving. Je kunt alle onderdelen uit het boek ook daarin doen.

OPBOUW VAN DE THEMA'S

Biologie voor jou is opgedeeld in thema's. In een thema wordt de leerstof van een bepaald onderwerp uit de biologie behandeld. Alle thema's in de delen 4 en 5 havo samen vormen de gehele leerstof voor het biologie-examen havo. De thema's bestaan steeds uit dezelfde onderdelen. Deze staan hierna beschreven.

ONTDEKKEN

In deze context kun je de leerstof ontdekken door een maatschappelijke vraag of probleem op te lossen. Zo ontdek je welke rol biologie speelt in het dagelijks leven. Ook maak je alvast kennis met een deel van de leerstof van het thema. Je docent zegt of en wanneer je met ‘Ontdekken’ aan de slag gaat.

BASISSTOF

In de basisstoffen staat in tekst en beeld alle leerstof die je moet kennen. Ook staan er opdrachten in waarmee je de leerstof oefent. Met behulp van het uitwerkingenboek kun je deze opdrachten zelf nakijken. Je kunt de opdrachten ook maken in de digitale leeromgeving. Bij moeilijke opgaven krijg je direct feedback en de gesloten opgaven worden automatisch nagekeken. Je ziet dan meteen het goede antwoord. Aan het einde van sommige basisstoffen staat een verwijzing naar een opgave uit de Biologie Olympiade. Deze kun je herkennen aan het  symbool. Dergelijke opgaven zijn extra uitdagend. De opgaven waarnaar verwezen wordt, staan achter in dit boek.

SAMENHANG

Met de context in de ‘Samenhang’ leer je nog beter verbanden te leggen tussen de leerstof uit de basisstoffen. Je leert om de verschillende organisatieniveaus in de biologie met elkaar te verbinden, van klein naar groot en andersom.

PRACTICA

De practica staan overzichtelijk bij elkaar in een aparte paragraaf. Bij elk practicum is aangegeven bij welke basisstof het practicum hoort. Veelgebruikte biologische technieken staan in aparte kaders zodat je deze gemakkelijk kunt opzoeken.

AFSLUITING

In de samenvatting staat precies omschreven wat je moet kennen en kunnen voor een proefwerk of toets. De samenvatting is opgedeeld in leerdoelen. Deze leerdoelen kun je ook terugvinden in de basisstoffen. Hierdoor kun je opzoeken welke leerstof bij de samenvatting hoort.

EXAMENTRAINER

Je kunt het thema afsluiten met de ‘Examentrainer’. De examentrainer helpt je niet alleen bij de voorbereiding op het examen, maar brengt ook verband aan tussen

ONTDEKKEN

De perfecte moord? 8

BASISSTOF

1 Transportsystemen	10
2 Het hart	19
3 Het bloedvatstelsel	26
4 Het bloed	36
5 Weefselvloeistof en lymfe	42

SAMENHANG

Blozen maakt aantrekkelijk 46

VERRIJKINGSSTOFFEN

Lymfoedeem	
Leren en werken: Cardiofysiologisch laborant	
Ideeën voor onderzoek	

PRACTICA

48

AFSLUITING

Samenvatting	51
Flitskaarten	
Test jezelf	

Examentrainer 54

▲ Opbouw van thema 4

de verschillende thema's. Zo leer je de samenhang tussen begrippen en processen beter te zien.

EXTRA IN DIGITALE LEEROMGEVING

In de digitale leeromgeving vind je dezelfde onderdelen als in het boek. Daarnaast zijn er verrijkingsstoffen, Test Jezelfs, oefentoetsen, flitskaarten, de Versterk Jezelf en links naar filmpjes over biologische onderwerpen. Deze onderdelen staan hierna beschreven.

VERRIJKINGSSTOF

De verrijkingsstoffen staan alleen online en bevatten extra stof bij het thema. Met de verrijkingsstoffen kun je extra kennis of vaardigheden opdoen, of oefenen op een meer uitdagend niveau.

TEST JEZELF EN OEFENTOETS



Je kunt elke basisstof afsluiten met Test Jezelf. Hierbij krijg je vragen om te testen of je de basisstof voldoende beheerst. Maak je een vraag fout, dan krijg je een herkansing. Haal je de score van 100%, dan weet je dat je de basisstof beheerst.



De Oefentoets wordt pas zichtbaar nadat je een Test Jezelf hebt afgerond. De Oefentoets bestaat uit Test Jezelf opgaven. Met de Oefentoets kun je ook met een heel thema oefenen. Je kunt de Oefentoets zo vaak doen als je wilt.

FLITSKAARTEN



Met de flitskaarten kun je biologische begrippen leren op een leuke en interactieve manier. Hiermee kun je gemakkelijker een thema leren voor je proefwerk of examen.

VERSTERK JEZELF



De Versterk Jezelf helpt je om onderwerpen die je nog niet goed beheerst, te oefenen. Als je veel opgaven bij een bepaald onderwerp niet goed maakt, verschijnt er een uitnodiging op je scherm om de bijbehorende Versterk Jezelf te maken. Je kunt de Versterk Jezelf ook op een ander moment doen.

FILMPJES



Deze knop stuurt je door naar biologiefilmpjes.nl. Hier vind je filmpjes over biologische onderwerpen, gerangschikt per thema.

TOELICHTING BIJ CONTEXTEN

In dit boek staan veel contexten. Contexten verbinden de leerstof. Ook kun je met contexten ontdekken welke rol biologie speelt in het dagelijks leven, in beroepen en in de wetenschap. Bij contexten staan opdrachten die je helpen om de leerstof toe te passen in een nieuwe omgeving. Dit is een goede voorbereiding op het examen.

Sommige contexten staan in een opvallend oranje kader. Maar je zult ook zien dat veel opdrachten kleine contexten bevatten. In de contexten staat nooit nieuwe leerstof die je moet kennen voor het examen. Je hoeft contexten dus niet uit je hoofd te leren.

We wensen je veel plezier bij het werken met dit deel van *Biologie voor jou* en veel succes bij de voorbereiding op je examen.

De auteurs

Inhoud

THEMA 4

Transport

ONTDEKKEN

De perfecte moord? 8

BASISSTOF

- 1 Transportsystemen 10
- 2 Het hart 19
- 3 Het bloedvatenstelsel 26
- 4 Het bloed 36
- 5 Weefselvloeistof en lymfe 42

SAMENHANG

Blozen maakt aantrekkelijk 46

VERRIJKINGSSTOFFEN

Lymfoedeem 
Leren en werken: Cardiofysiologisch laborant 
Ideeën voor onderzoek 

PRACTICA 48

AFSLUITING

Samenvatting 51
Flitskaarten 
Test Jezelf 

Examentrainer 54

THEMA 5

Gaswisseling en uitscheiding

ONTDEKKEN

Eerste hulp bij festivals 58

BASISSTOF

- 1 Gaswisseling 60
- 2 Longventilatie 70
- 3 De lever 78
- 4 De nieren 82
- 5 De huid 87

SAMENHANG

De koningsziekte 92

VERRIJKINGSSTOFFEN

Duiken 
Urineonderzoek 
Leren en werken: Longfunctieassistent 

PRACTICA 94

AFSLUITING

Samenvatting 98
Flitskaarten 
Test Jezelf 

Examentrainer 102

THEMA 6

Afweer**ONTDEKKEN**

Besmettingsgevaar in de crèche? 106

BASISSTOF

- 1 Bescherming 108
- 2 Afweer 114
- 3 Immunititeit 124
- 4 Transplantatie en bloedtransfusie 130

SAMENHANG

Poep, het meest veelzijdige medicijn 138

VERRIJKINGSSTOFFEN

- Allergie 
- Presentatie over xenotransplantatie of
stamceltherapie 
- Leren en werken: GGD-verpleegkundige 

PRACTICA 140

AFSLUITING

- Samenvatting 142
- Flitskaarten 
- Test Jezelf 

Examentrainer 144

THEMA 7

Samenhang van de biologie

- 1 Cellen, de basis van het leven 148
- 2 DNA en erfelijkheid 150
- 3 Organismen 152
- 4 De aarde als levend systeem 156

BIOLOGIE OLYMPIADE OPDRACHTEN  160

REGISTER 164

COLOFON 167

4 Transport

Een samenleving kan niet zonder transport. Water, elektriciteit, gas, levensmiddelen en afvalstoffen worden via wegen en leidingen aan- en afgevoerd. Bij grotere organismen is dat niet anders. Organen zijn met elkaar verbonden door leidingen en leidinkjes die stoffen en energie transporteren. In dit thema leer je over de bouw en werking van transportsystemen in organismen.

ONTDEKKEN

De perfecte moord? 8

BASISSTOF

- | | | |
|---|---------------------------|----|
| 1 | Transportsystemen | 10 |
| 2 | Het hart | 19 |
| 3 | Het bloedvatenstelsel | 26 |
| 4 | Het bloed | 36 |
| 5 | Weefselvloeistof en lymfe | 42 |

SAMENHANG

Blozen maakt aantrekkelijk 46

VERRIJKINGSSTOFFEN

Lymfoedeem	
Leren en werken: Cardiofysiologisch laborant	
Ideeën voor onderzoek	

PRACTICA

48

AFSLUITING

Samenvatting	51
Flitskaarten	
Test Jezelf	

Examentrainer 54







De perfecte moord?

►► BASISSTOF 5

Elke dag zijn er misdaadseries op de televisie. Rechercheurs worden op de zaak gezet. Een forensisch onderzoeker komt in beeld. Aan de hand van minieme sporen vertelt ze hoe en op welk tijdstip het slachtoffer is vermoord. Omwille van de geloofwaardigheid wordt voor zo'n scène een forensisch scenarioschrijver ingeschakeld.

De scène

Jij maakt deel uit van een team forensisch scenario-schrijvers. Jullie schrijven een scène waarin forensisch onderzoeker Angela van Wijst rapport uitbrengt aan inspecteur Van der Broek naar aanleiding van de dood van zakenman-miljonair Howard Hoeksema. De inspecteur laat zich maar moeilijk overtuigen. Ga uit van de volgende plot.

De plot

De bekende zakenman-miljonair Howard Hoeksema leidt een teruggetrokken bestaan in zijn villa in Wassenaar. Al zeven jaar is hij niet in het openbaar gezien. De zakenman heeft namelijk een ernstige vorm van hemofilie, een ziekte waarbij het stollingsmechanisme onvoldoende werkt. Een kleine wond kan al leiden tot grote problemen. Volgens ingewijden is zijn

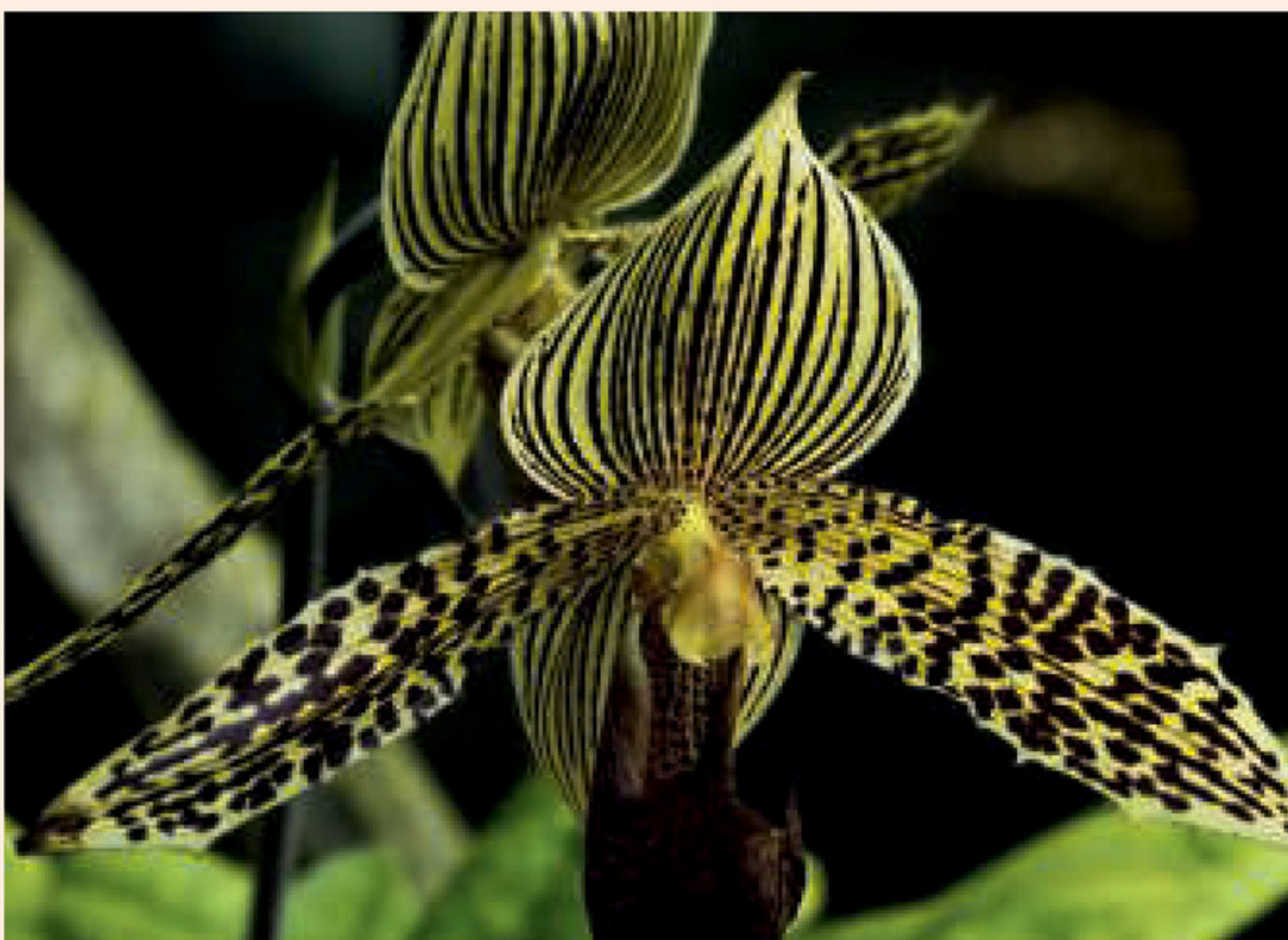
villa geheel ingericht met zachte materialen, om hem tegen verwondingen te beschermen. Bezoek ontvangt Hoeksema zelden of nooit. Zelfs de post wordt gecontroleerd door een bediende.

De rijke kluizenaar heeft maar één grote passie: hij verzamelt orchideeën. Zijn verzameling omvat de mooiste orchideeën ter wereld. Slechts één orchidee heeft hij nog niet: de Rothschilds slipperorchidee (*Paphiopedilum rothschildianum*), een van de zeldzaamste orchideeën ter wereld, die alleen voorkomt op 500–1200 meter hoogte op de Kinabuluberg in Noord Borneo. Het is ook de duurste plant ter wereld. Eén exemplaar levert € 5.000 op.

De Telegraaf: 'Orchideeënkweker MOEST sterven.'

Op een dag krijgt de zakenman de plant opgestuurd. De afzender is onbekend. Vijf dagen later wordt Howard Hoeksema gevonden in zijn orchideeënkas. Dood. Een ongeluk denkt iedereen: gevallen en een inwendige bloeding gekregen. Maar inspecteur Van der Broek van de Wassenaarse recherche denkt daar anders over. Hij laat het lichaam onderzoeken door de forensische dienst. En die komt met een opmerkelijke verklaring.

▼ Afb. 1 Rothschilds slipperorchidee.



Uit het onderzoek van Angela van Wijst van de forensische dienst blijkt dat Hoeksema dengue had. In de kas blijken inderdaad Aziatische tijgermuggen voor te komen, die de ziekte verspreiden. De bron is de Rothschilds slipperorchidee. In het water tussen plantenresten hangen larven, afkomstig van de Aziatische tijgermug, aan het wateroppervlak. Volgens de forensische dienst is de combinatie van dengue en hemofilie de zakenman fataal geworden. Waarschijnlijk is Hoeksema in zijn kas flauwgevallen en daarna overleden.

opdrachten

Jij maakt deel uit van een team van drie forensisch scenarioschrijvers. De scène die jullie gaan schrijven, bestaat uit een aantal dialogen.

- 1 In de eerste dialoog vertelt forensisch onderzoeker Angela van Wijst dat de zakenman dengue had. De inspecteur heeft daar weleens van gehoord, maar weet niet precies wat het is. In deze scène laat je Angela van Wijst uitleggen wat dengue is. Om deze deelscène te schrijven, moet je op internet uitzoeken wat dengue is.
- 2 In de tweede dialoog wil de inspecteur weten waarom Van Wijst denkt dat de zakenman dengue had. Zoek uit welke sporen op het lichaam wijzen op dengue.
- 3 In de derde dialoog legt Van Wijst op verzoek van de inspecteur uit wat er in het lichaam gebeurt als iemand dengue heeft. Zorg ervoor dat in deze scène de volgende begrippen worden gebruikt: *bloedplasma – haarvaten – lymfe – weefselvloeistof*. Laat Van Wijst door middel van een tekening aan de inspecteur uitleggen wat er precies in de haarvaten gebeurt onder normale omstandigheden en wat als iemand dengue heeft. Neem die tekening op in je scenario.
- 4 In het vierde deel wil de inspecteur weten hoe het komt dat iemand door dengue flauwvalt. Laat de forensisch onderzoeker uitleggen wat de gevolgen zijn van wat er in de haarvaten gebeurt bij dengue.
- 5 Nadat de gehele scène is geschreven, kunnen jullie de scène uitvoeren. Overleg dit met je docent.

Leerdoelen

- Je kunt beschrijven hoe opname, transport en afgifte van water met daarin opgeloste stoffen plaatsvindt in planten.
- Je kunt verschillende circulatiesystemen herkennen en de functies van een bloedsomloop benoemen.

1 Transportsystemen

Bij planten en dieren wordt water met opgeloste stoffen vervoerd door buizenstelsels. Planten houden het transport van mineralen en assimilatieproducten gescheiden. Bij dieren gaan voedingsstoffen en afvalstoffen door dezelfde buizen.

VATENSTELSELS

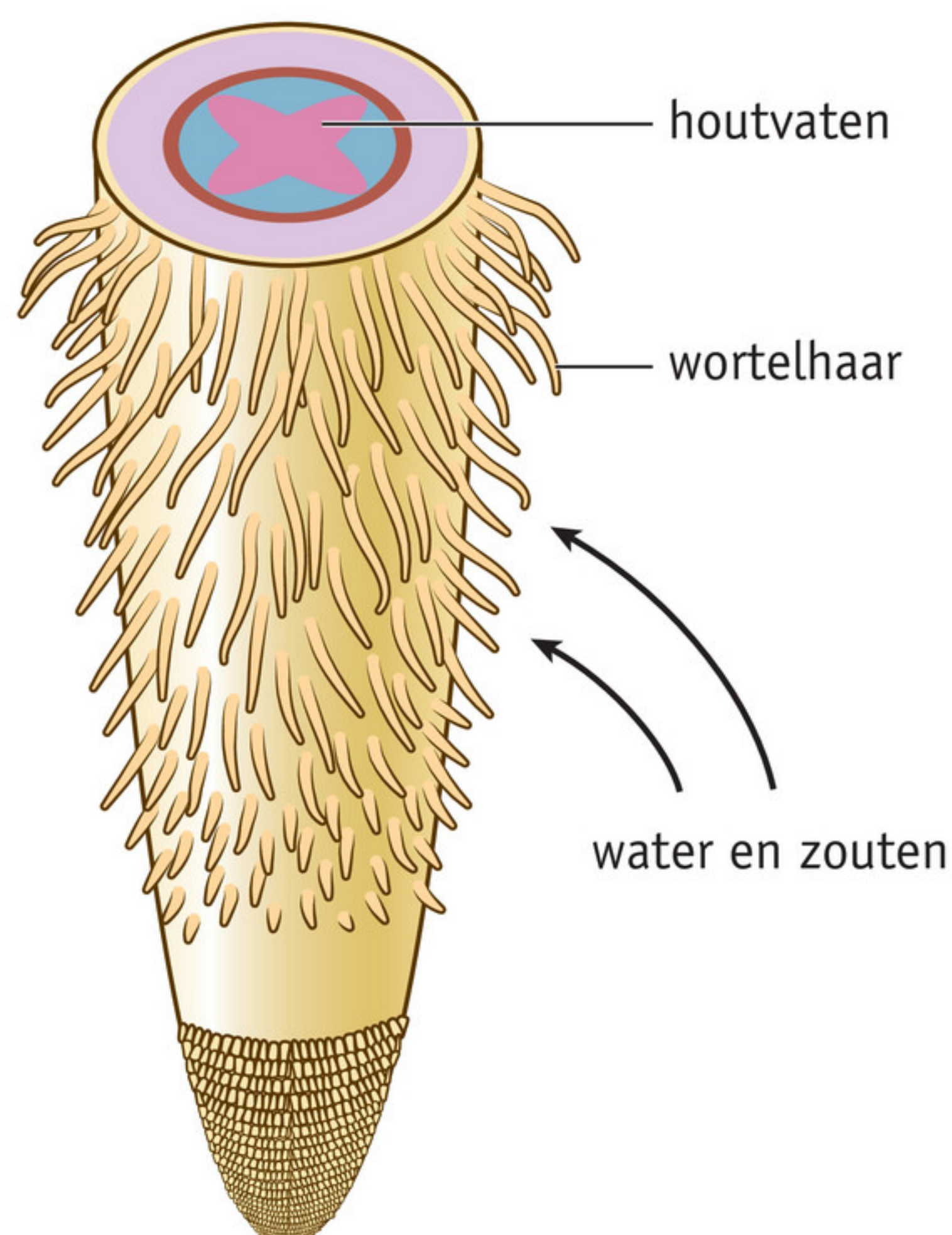
Bij eencellige organismen en bij organismen die uit enkele cellagen zijn opgebouwd, vindt transport van stoffen plaats over kleine afstanden. Het transport vindt dan onder andere plaats door diffusie. Grotere planten en dieren hebben voor het transport van stoffen een vatenstelsel dat bestaat uit een netwerk van buisjes. Bij dieren is dit transport circulair en voorzien van een 'pomp' (het hart). Bij planten vindt het transport plaats in twee richtingen en zijn vooral capillaire werking en verdamping de drijvende krachten.

Het vatenstelsel van planten bestaat uit houtvaten en bastvaten. De **houtvaten** vervoeren water en mineralen (zouten) van de wortels via de stengels naar de bladeren. Dit is de **anorganische sapstroom** (ook wel opwaartse sapstroom). De **bastvaten** vervoeren water en assimilatieproducten vanuit de bladeren naar alle delen van de plant. Dit is de **organische sapstroom**.

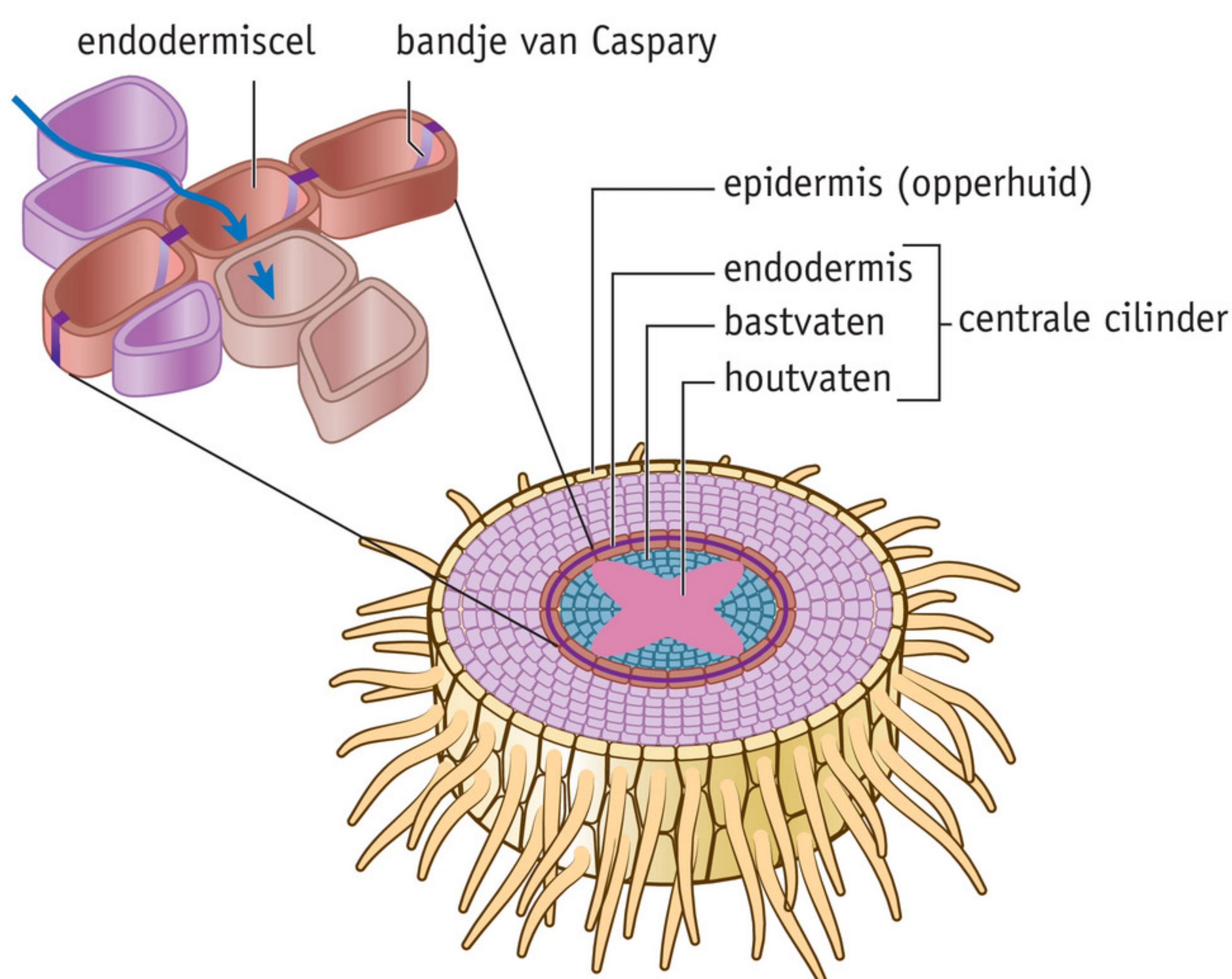
WORTELDRIK

Planten nemen via de wortels water en mineralen op. Dat gebeurt vooral via de worteluiteinden, waar cellen van de epidermis (opperhuid) zijn uitgegroeid tot **wortelharen**. Deze wortelharen zorgen voor fijne vertakkingen die het worteloppervlak sterk vergroten (zie afbeelding 1).

▼ **Afb. 1** Jonge wortel (schematisch).



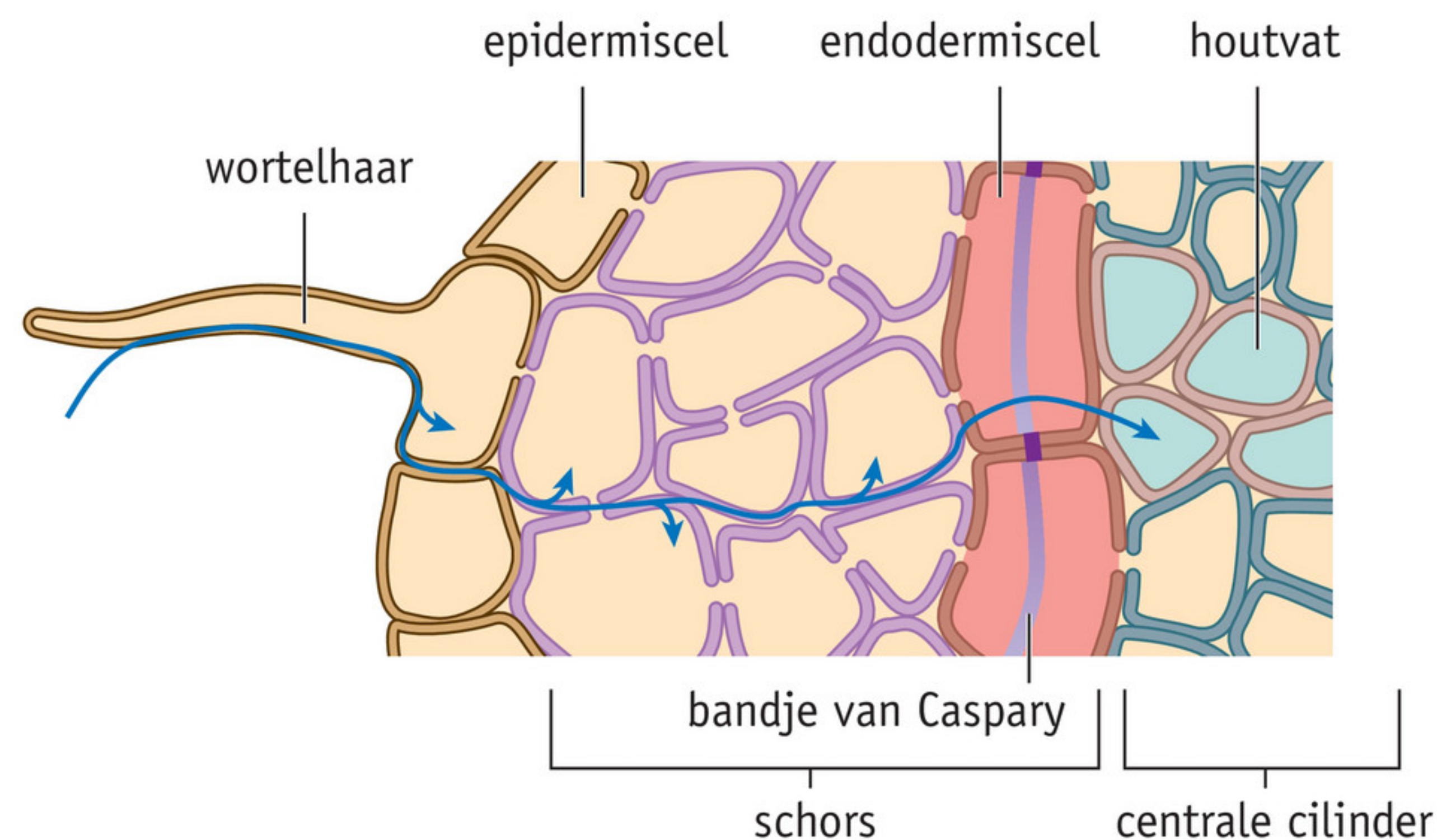
1 buitenaanzicht



2 doorsnede

De houtvaten en bastvaten liggen in de **centrale cilinder**. De buitenste laag cellen van de centrale cilinder heet de **endodermis**. Deze zorgt voor de selectieve opname van mineralen. Dat gaat als volgt (zie afbeelding 2). Water met opgeloste mineralen wordt via de wortelharen opgenomen uit de bodem en diffundeert via de schors naar de endodermis. Dit gebeurt voornamelijk via de celwanden. Deze zijn doorlaatbaar voor water en mineralen. In de celwanden van endodermiscellen bevindt zich echter het bandje van Caspary, dat niet doorlaatbaar is voor water en mineralen. Dit bandje ligt in de zijkant, onderkant en bovenkant van de celwand (zoals het cement van een gemetselde muur). De enige manier om deze barrière tussen schors en centrale cilinder te passeren, is door de endodermiscellen. Het celmembraan van deze cellen transporteert actief mineralen van de wortelschors naar de centrale cilinder. Daardoor wordt de mineralenconcentratie in de centrale cilinder hoger dan die in de schors. Door osmose diffundeert vervolgens water naar de centrale cilinder. De hierdoor ontstane druk wordt **worteldruk** genoemd. Het water met de opgeloste mineralen stijgt daardoor in de houtvaten. De bandjes van Caspary verhinderen dat het water met opgeloste mineralen vanuit de centrale cilinder kan terugstromen naar de schors.

► **Afb. 2** Opname van water en zouten (schematisch).

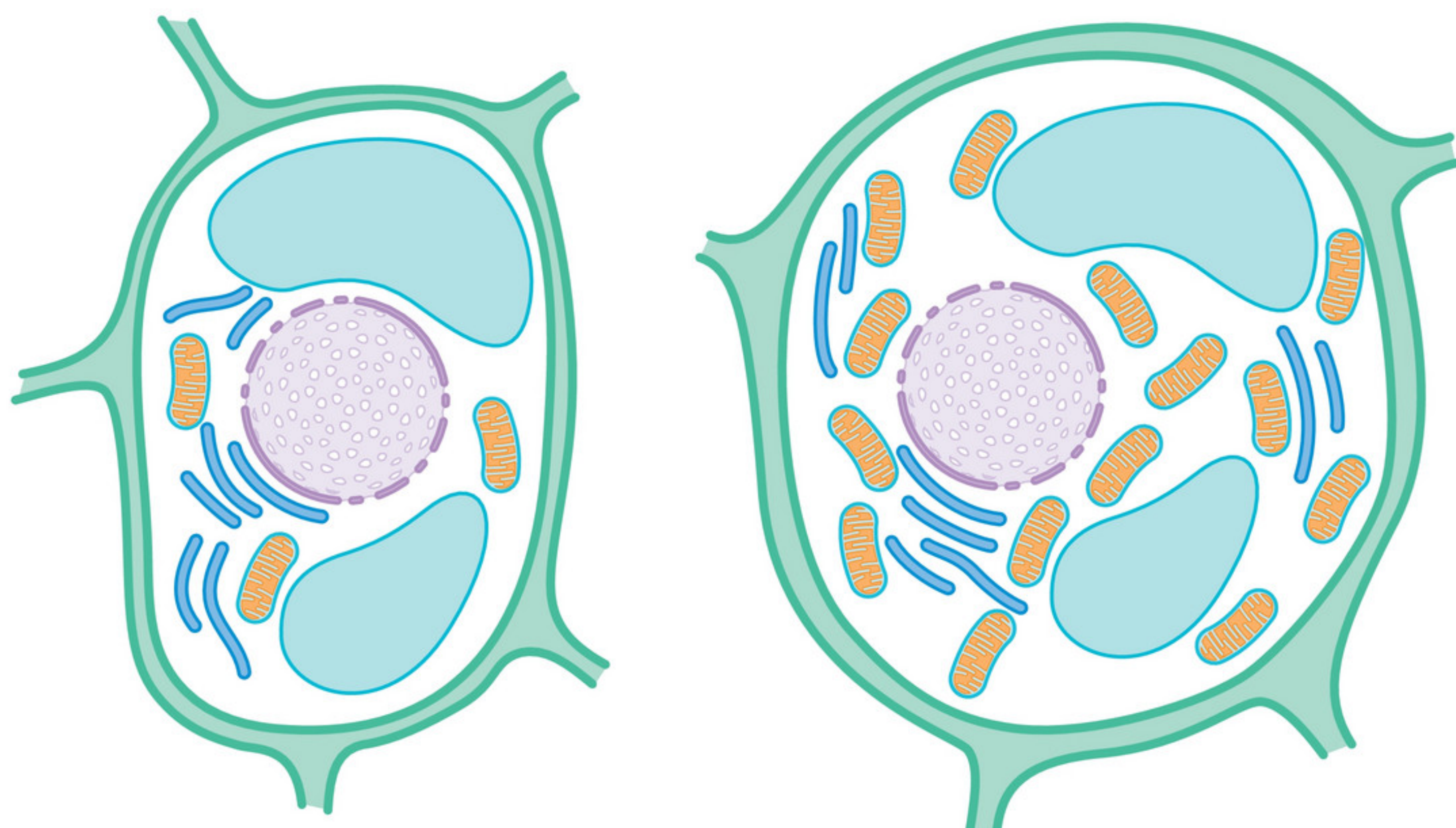


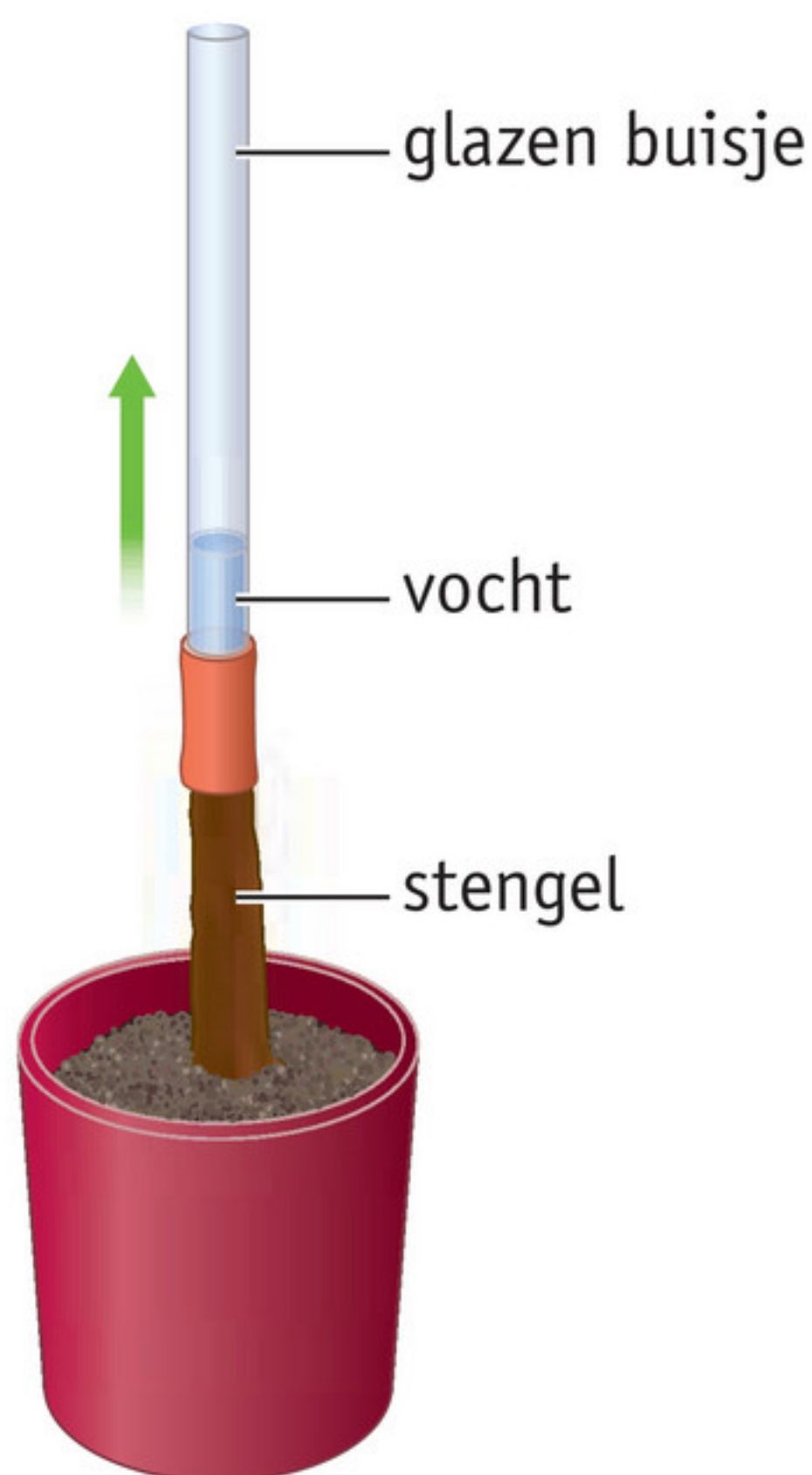
► PRACTICUMOPDRACHT 1

opdrachten

- 1 Afbeelding 3 is een schematische tekening van twee cellen van een wortel. Welke cel is een endodermiscel? Leg uit waaraan je dit kunt zien.

► **Afb. 3** Cellen in de wortel (schematisch).



▼ **Afb. 4** Proefopstelling.

- 2 In afbeelding 4 is een proefopstelling getekend waarmee worteldruk kan worden aangetoond. Het vocht in het glazen buisje stijgt.
- a Stel dat de aarde in de pot geen mineralen bevat. Zal dan hetzelfde resultaat optreden? Leg je antwoord uit.
- b Stel dat de aarde in de proefopstelling doordrenkt is met water. Zal dan hetzelfde resultaat optreden? Leg je antwoord uit.

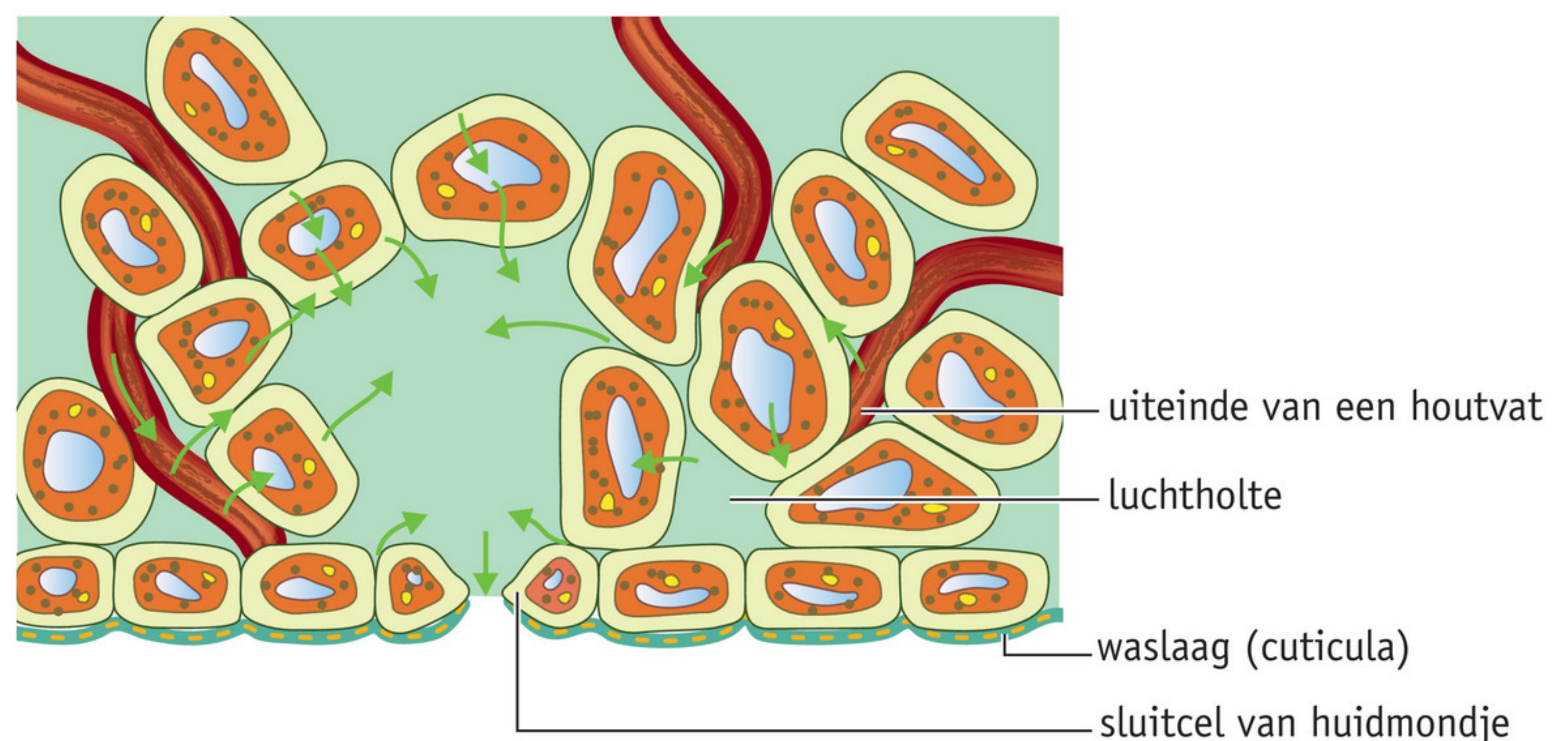
CAPILLAIRE WERKING EN VERDAMPING

Water met opgeloste mineralen gaat van de houtvaten in de centrale cilinder en de stengel naar de nerven van bladeren. De houtvaten vertakken zich door het gehele blad, waardoor dicht bij elke cel een houtvat ligt.

Het transport in houtvaten is voornamelijk het gevolg van verdamping van water uit de bladeren en van capillaire werking. Bij **capillaire werking** stijgt een vloeistof in een smal buisje. De capillaire werking is mogelijk doordat de houtvaten nauw zijn. Watermoleculen trekken elkaar aan met **cohesiekrachten** en de watermoleculen 'plakken' aan de celwanden door **adhesiekrachten**. De cohesie- en adhesiekrachten zijn samen groter dan de zwaartekracht, waardoor het water omhoog wordt getransporteerd.

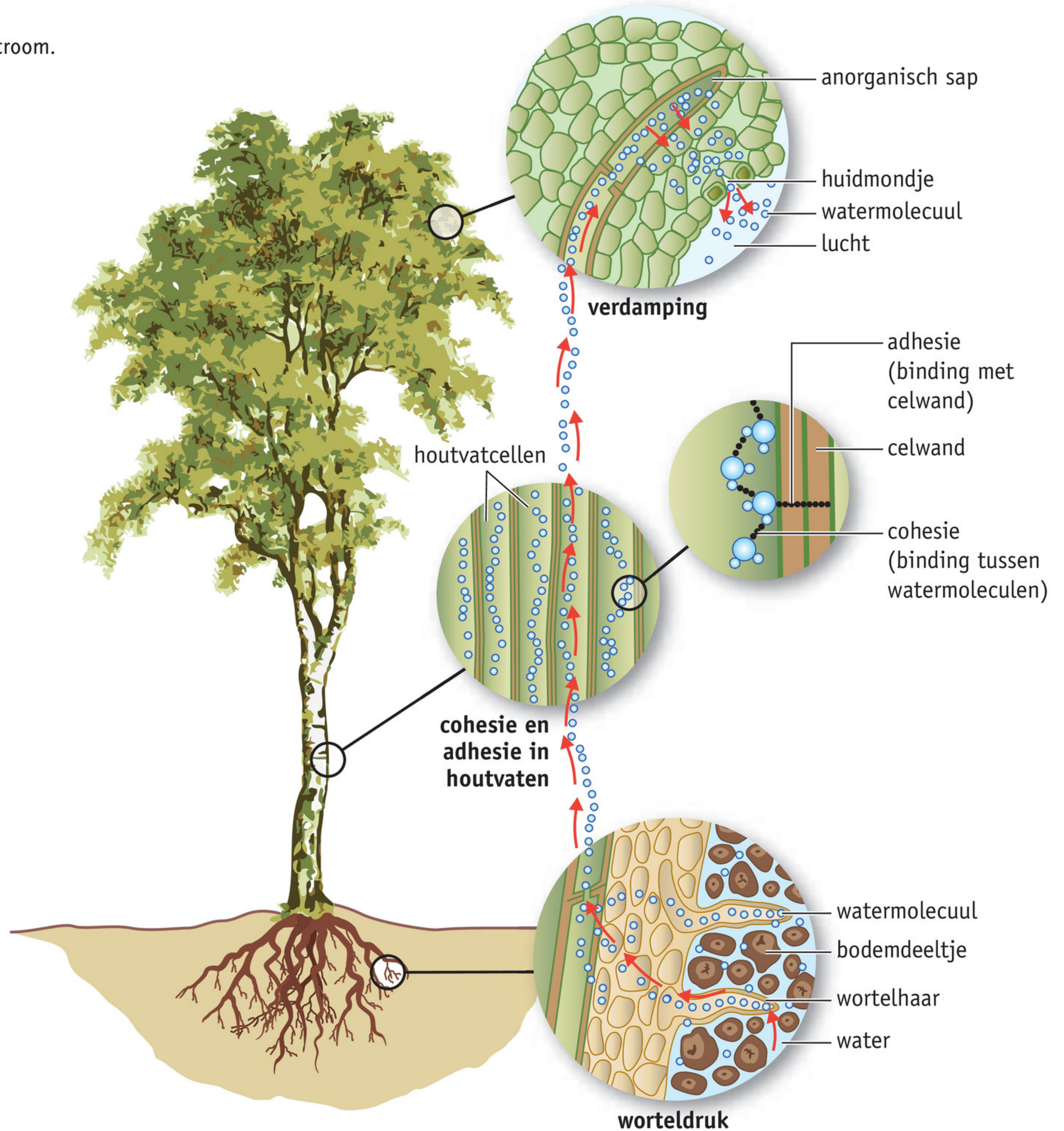
Water verdampt vanuit de luchtholten en celtussenruimten naar buiten via de **huidmondjes** (kleine openingen in de epidermis van blad of stengel). Daardoor zal uit de celwanden die grenzen aan de luchtholten, ook water verdampen (zie afbeelding 5). Dit water wordt vervolgens aangevuld vanuit de houtvaten in het blad en uiteindelijk vanuit de houtvaten in de stengel en wortels. Door de verdamping ontstaat boven in de houtvaten een onderdruk, waardoor water door de houtvaten wordt opgezogen. Je kunt dit vergelijken met het zuigen door een rietje.

Planten kunnen hun waterbehoefte regelen door de huidmondjes te openen of te sluiten. 's Nachts zijn vrijwel alle huidmondjes gesloten. Bij droge omstandigheden kunnen de huidmondjes ook overdag worden gesloten.

► **Afb. 5** Verdamping uit een deel van een blad (schematisch).

Doordat de worteldruk de opwaartse sapstroom maar enkele meters kan laten stijgen, speelt deze bij naaldbomen en bij loofbomen in de zomer een kleine rol. Het opwaartse transport van water en mineralen komt dan vooral tot stand door verdamping van water door de bladeren. In het voorjaar speelt de worteldruk bij loofbomen een grotere rol. Er zijn dan nog geen bladeren die de opwaartse sapstroom in stand kunnen houden. Zie ook afbeelding 6.

► **Afb. 6** Anorganische sapstroom.



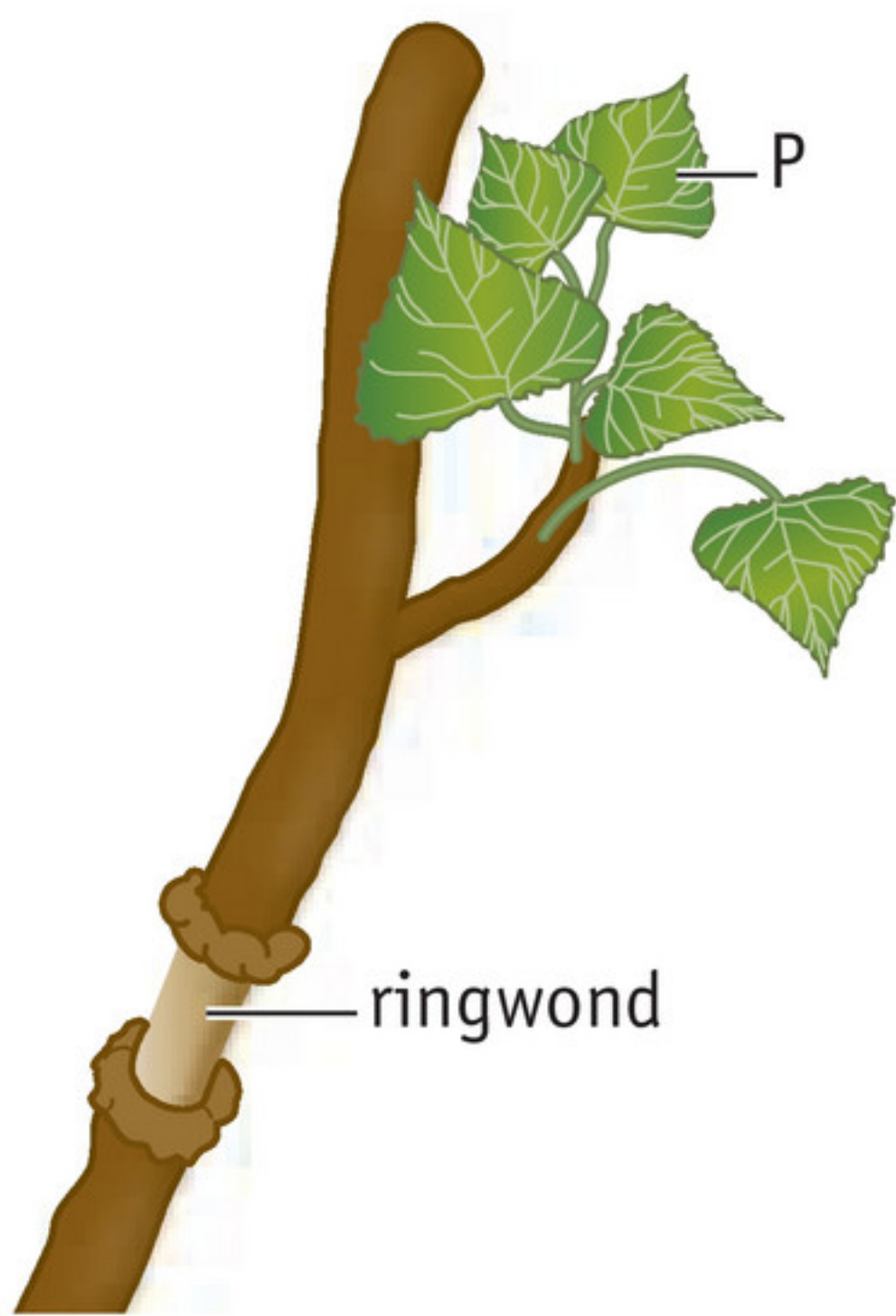
opdrachten

- 3 Bij de anorganische sapstroom spelen verschillende krachten een rol.
 - a Welke drie krachten zorgen er samen voor dat deze sapstroom vanuit de wortels tot in de bovenste bladeren kan komen?
 - b Welke twee van die krachten zijn in de zomer het grootst bij loofbomen?
- 4 Een maïsplant wordt na ongeveer vier maanden geoogst. Gedurende deze maanden heeft de plant minstens 60 L water opgenomen. De maïsplant weegt echter veel minder dan 60 kg.
 - a Wat is er met het grootste deel van het water gebeurd?
 - b Geef twee processen waarvoor water is gebruikt in de plant.
 - c Bij maïs wordt 's nachts het watertransport voornamelijk veroorzaakt door worteldruk. Leg uit hoe dat komt.
- 5 Veel struiken mag je niet in het voorjaar snoeien, omdat ze dan 'doodbloeden'.
 - a Leg uit wat er dan gebeurt.
 - b Is de stijgende sapstroom een actief en/of een passief proces? Leg je antwoord uit.
 - c Watertransport in een plant is zowel een fysiologisch als een fysisch verschijnsel. Leg dit uit.

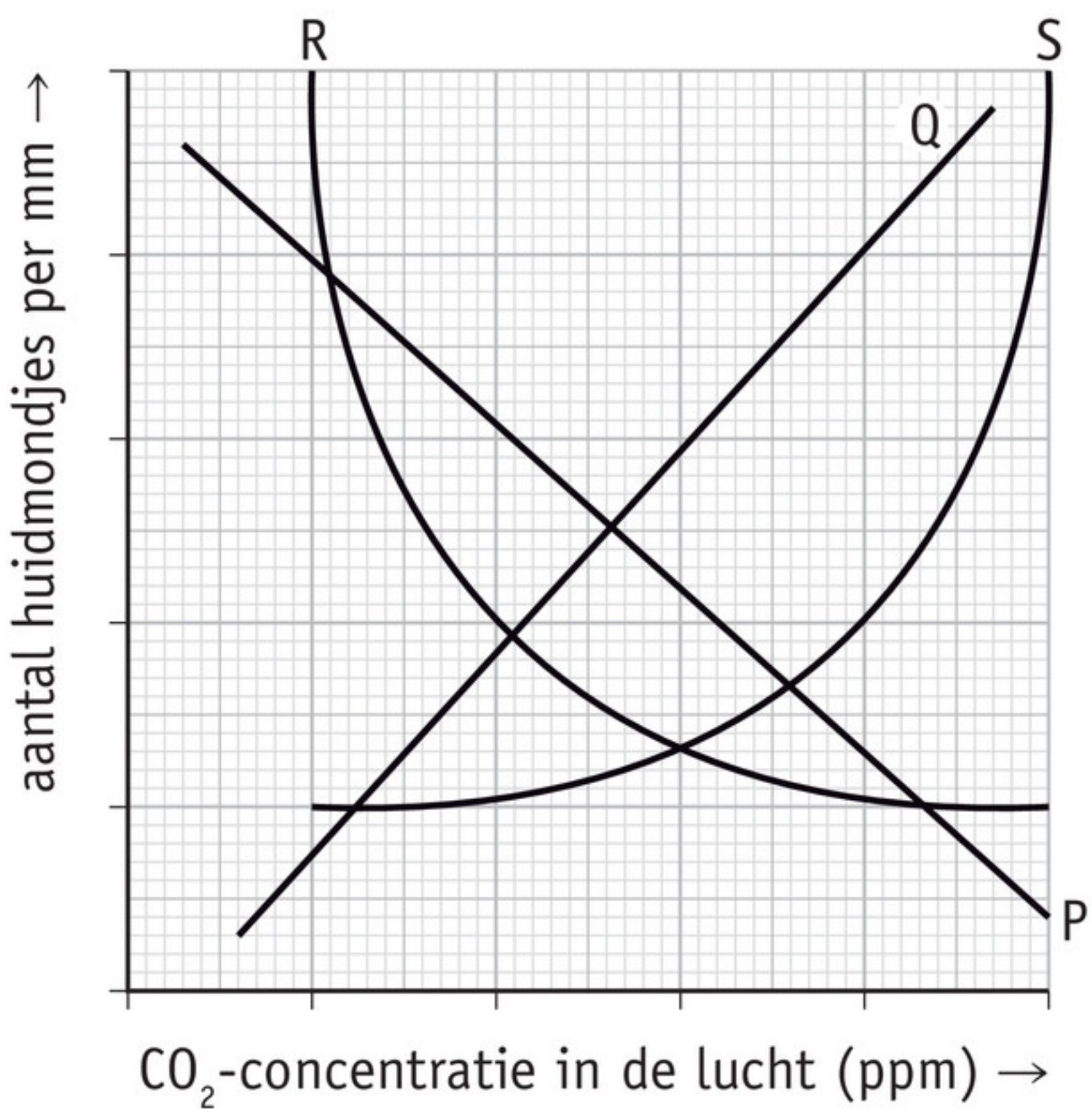
▼ **Afb. 7** Samenstelling van sap uit een bastvat (gemiddeld).

Stof	Concentratie (g/L)
Sacharose	93,0
Aminozuren	5,2
Mineralen	4,49
Eiwitten	1,8
ATP	0,3
Plantenhormoon	0,00002
Overig	5,20998
Totaal aan droge stof	110,0

▼ **Afb. 8** Ringwondproef.



▼ **Afb. 9** Verband tussen de CO₂-concentratie in de lucht en het aantal huidmondjes per vierkante millimeter.



ORGANISCHE SAPSTROOM

Bastvaten transporteren organische producten van de fotosynthese door de gehele plant. Sap in de bastvaten bevat voornamelijk suiker (de disacharide sacharose). De concentratie sacharose kan soms wel 30% zijn. Daarnaast bevat bastvatsap ook andere stoffen, zoals mineralen, aminozuren en hormonen.

In tegenstelling tot de eenrichtingsstroom van de houtvaten (van wortel naar blad), kan de sapstroom in de bastvaten in alle richtingen verlopen. De stroom gaat van een suikerbron naar plaatsen waar de suiker nodig is of waar deze wordt opgeslagen. Bladeren, maar ook stengels zijn voorbeelden van een suikerbron. Daar wordt suiker gemaakt door ofwel fotosynthese ofwel de afbraak van zetmeel. Suiker wordt via bastvaten vervoerd en opgeslagen in vruchten in de vorm van fructose en in groeipunten van wortels en stengels in de vorm van zetmeel. Als in het voorjaar de zetmeelvoorraad wordt afgebroken tot suiker, bijvoorbeeld in de wortels, is dat een suikerbron. Suiker wordt dan vanuit de wortels vervoerd naar groeiende delen, zoals knoppen.

opdrachten

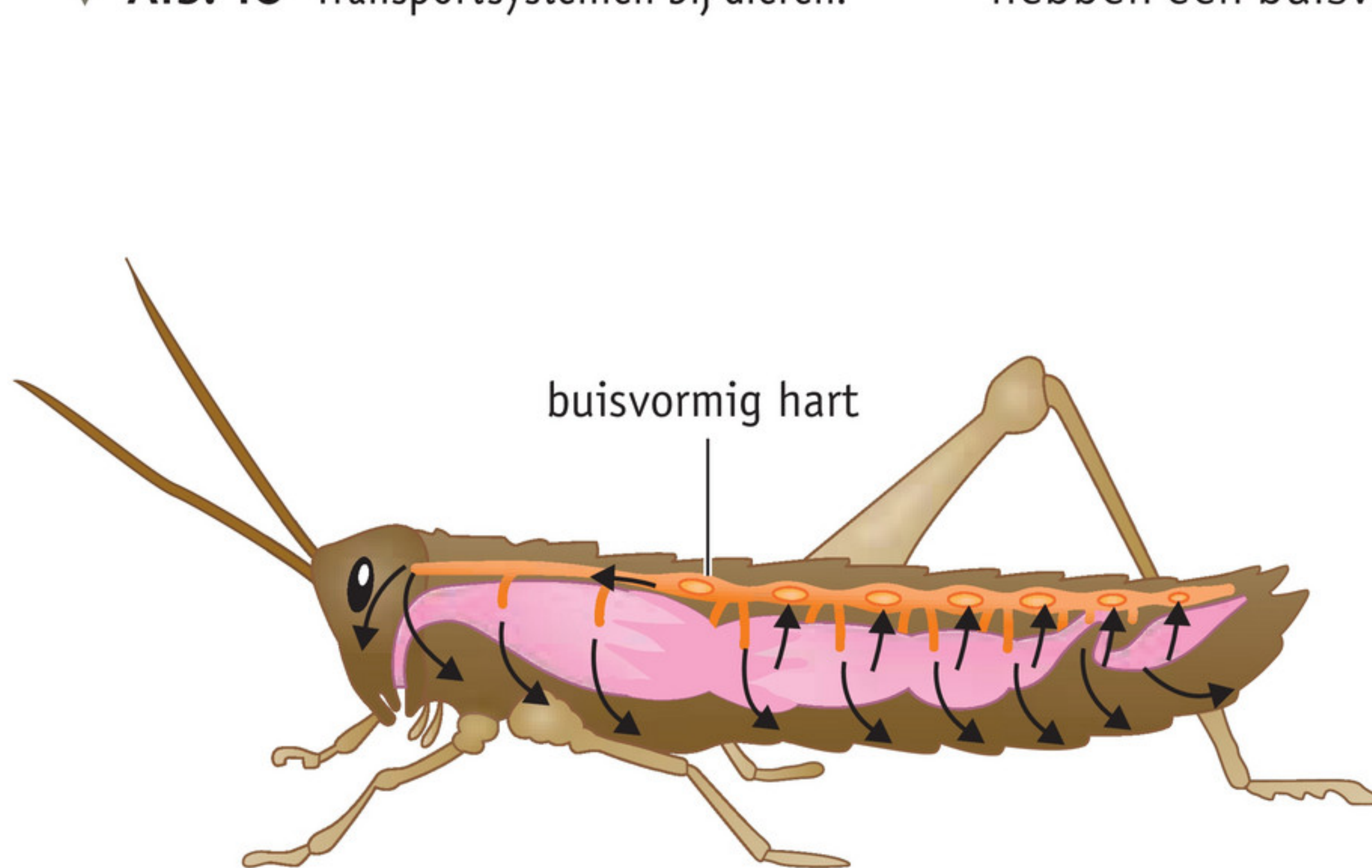
- 6 Bij een onderzoek naar de samenstelling van bastvatsap wordt gebruikgemaakt van bladluizen. Bladluizen zuigen bastvatsap uit planten. Wanneer het lichaam van de bladluis wordt gescheiden van de zuigbuis (die in het blad achterblijft), wordt via de zuigbuis bastvatsap naar buiten geperst.
- a Bladluizen zitten vooral aan de onderzijde van bladeren tegen de nerven en op stengels.
Leg uit waarom ze vooral op deze plaatsen zitten. Gebruik hiervoor je **Binas** (tabel 81E en 91A).
 - b Bladluizen zuigen meer bastvatsap op dan ze nodig hebben voor hun suikervoorziening. Ze scheiden via de anale opening overmatig suikervocht uit. Dit verschijnsel hangt samen met hun eiwitvoorziening.
Leg dat uit met behulp van afbeelding 7.
- 7 De onderzoeker Marcello Malpighi voerde in de zeventiende eeuw een ringwondproef uit. Daarbij werd in de zomer een stuk bast rondom een takje van een boom weggesneden (zie afbeelding 8). Water en assimilatieproducten worden via de bastvaten afgevoerd. Bij de ringwond zijn de bastvaten weggesneden, waardoor zich aan de bovenkant van de ringwond water en assimilatieproducten ophopen en groei van hout- en bastweefsel wordt gestimuleerd. Als gevolg hiervan verdikt het weefsel boven de ring.
- a Malpighi voerde de ringwondproef ook uit in de winter.
Leg uit of in de winter wel of niet een verdikking boven de ring plaatsvindt.
 - b Kunnen water en zouten uit de bodem blad P bereiken? Leg je antwoord uit.
 - c Fruittelers maken soms ringwonden onderaan in takken van fruitbomen. Ze krijgen daardoor grotere vruchten. Leg dat uit.
- 8 Friederike Wagner onderzoekt de relatie tussen het aantal huidmondjes in een blad en de CO₂-concentratie in de lucht. Het is bekend dat het aantal huidmondjes per oppervlakte-eenheid omgekeerd evenredig ($y=c/x$) is met de CO₂-concentratie in de lucht.
- a Geef hiervoor een verklaring.
 - b In afbeelding 9 is het theoretische verband tussen de CO₂-concentratie in de lucht en het aantal huidmondjes per vierkante millimeter weergegeven. Welke grafieklijn geeft dit verband correct weer?

CIRCULATIESYSTEMEN BIJ DIEREN

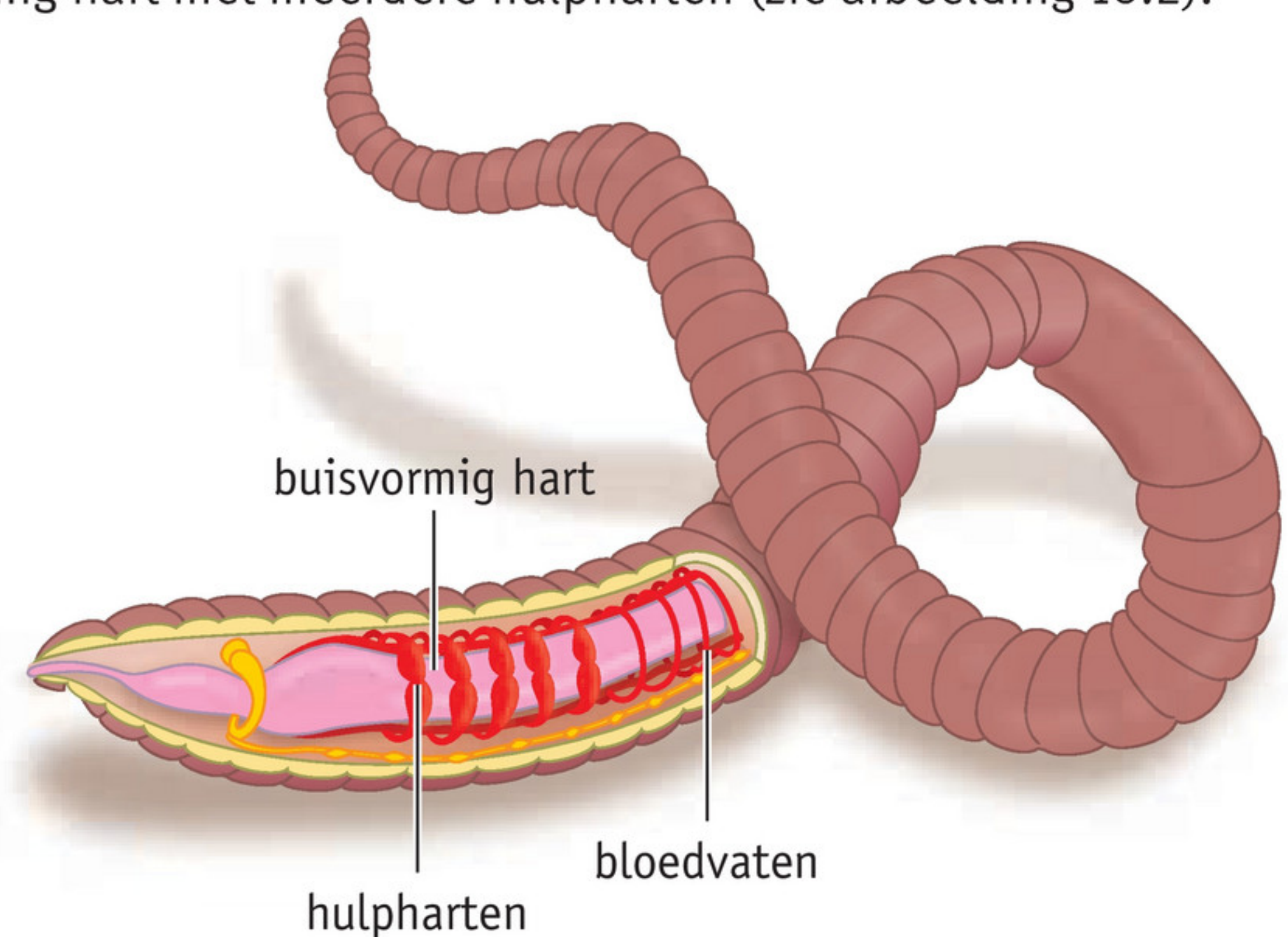
Bij planten vindt transport plaats in twee richtingen. Bij dieren is het transport circulair: een vloeistof met daarin opgeloste stoffen stroomt rond. Geleedpotigen hebben een **open circulatiesysteem** en een buisvormig hart dat de lichaamsvloeistof rond de organen laat bewegen (zie afbeelding 10.1). Gewervelde dieren hebben een **bloedsomloop**. Dit is een gesloten systeem waarin het bloed is gescheiden van de andere lichaamsvloeistoffen. Transport van stoffen vindt plaats door bloedvaten. De kracht hiervoor wordt geleverd door een hart, dat het bloed door de bloedvaten pompt. In een gesloten systeem kan het transport van stoffen effectiever en over grotere afstanden plaatsvinden dan bij een open circulatiesysteem.

Sommige diersoorten hebben meerdere harten. Regenwormen bijvoorbeeld hebben een buisvormig hart met meerdere hulpharten (zie afbeelding 10.2).

▼ **Afb. 10** Transportsystemen bij dieren.



1 open: circulatiesysteem met buisvormig hart bij een sprinkhaan

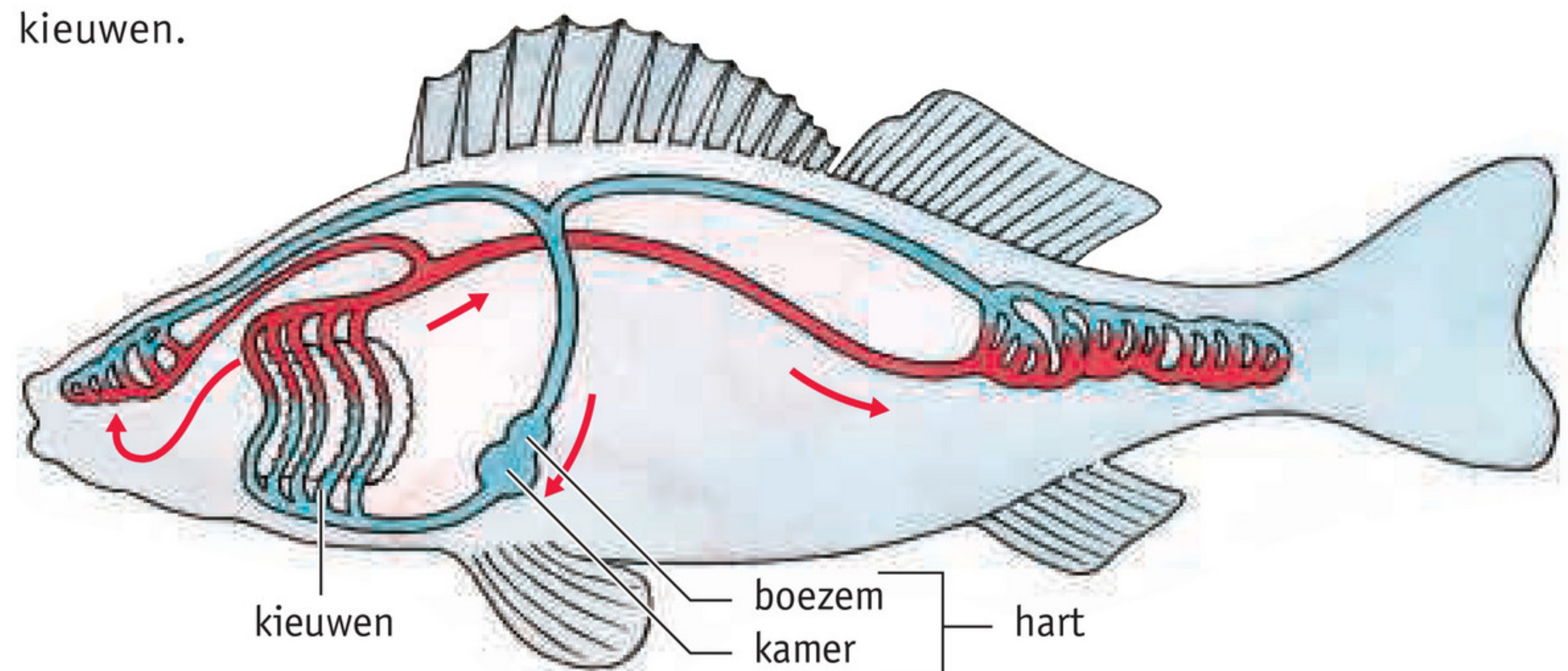


2 gesloten: bloedsomloop met hulpharten bij een regenworm

DE BLOEDSOMLOOP

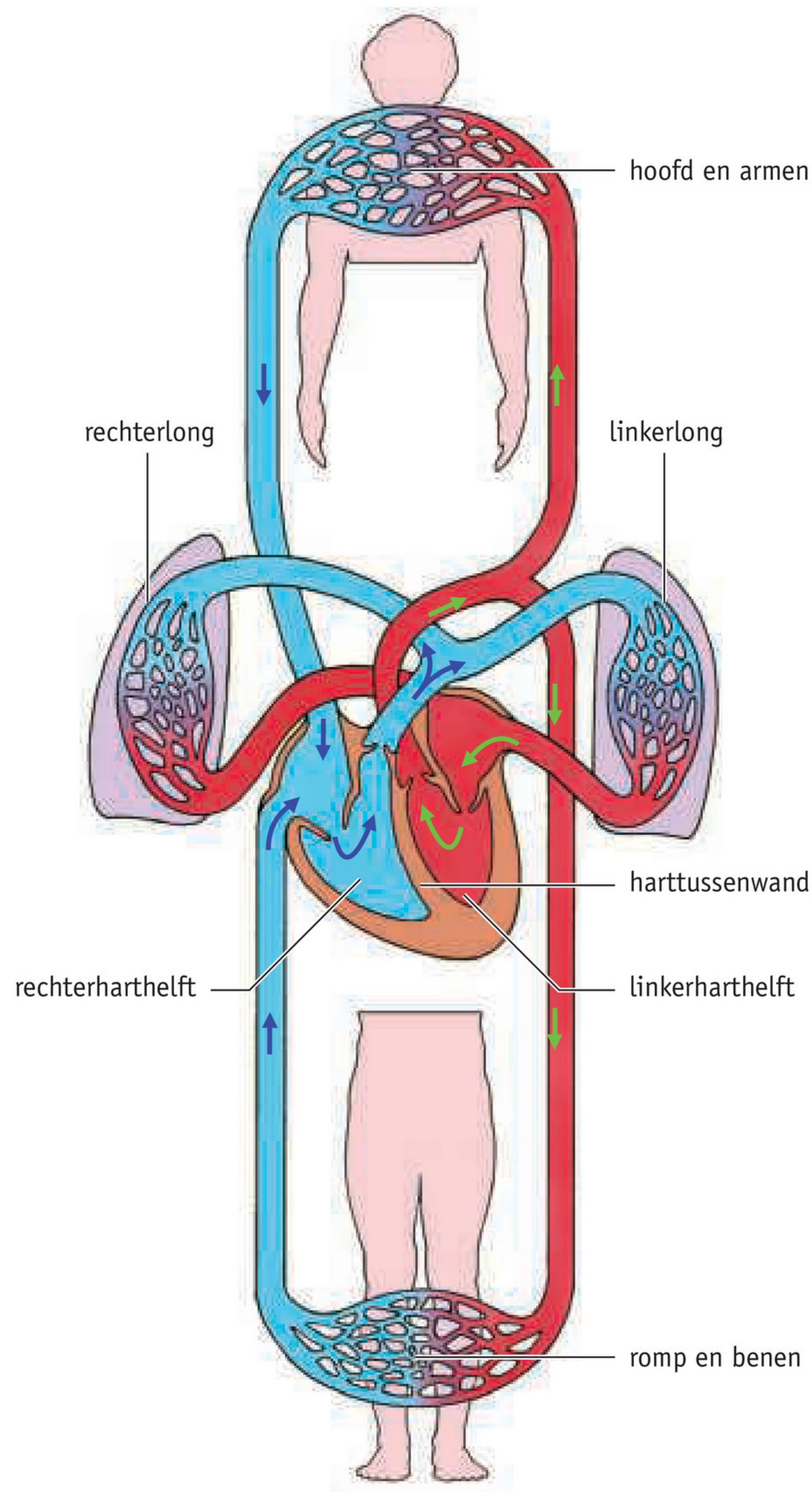
Bij vissen stroomt het bloed vanuit het hart eerst naar de kieuwen (zie afbeelding 11). Hierna stroomt het bloed naar de andere organen van het lichaam. Vissen hebben een **enkelvoudige bloedsomloop**: per omloop stroomt het bloed één keer door het hart. Het hart van een vis bestaat uit een boezem en een kamer. Het bloed dat van de organen naar het hart stroomt, verzamelt zich in de boezem. De boezem pompt het bloed naar de kamer. De kamer pompt het bloed naar de kieuwen.

► **Afb. 11** Enkelvoudige bloedsomloop bij een vis (schematisch).



In afbeelding 12 is de bloedsomloop van de mens schematisch getekend. Het roodgekleurde deel bevat zuurstofrijk bloed en het blauwgekleurde deel bevat zuurstofarm bloed. Je ziet dat het hart uit twee gescheiden helften bestaat: een **linkerharthelft** en een **rechterharthelft**. Let erop dat afbeeldingen van het bloedvatenstelsel of van het hart steeds in vooraanzicht zijn getekend (de linkerharthelft zie je dus rechts in de tekening). De rechterhelft van het hart pompt het bloed naar beide longen. Vanuit de longen stroomt het bloed naar de linkerharthelft. Dit deel van de bloedsomloop heet de **kleine bloedsomloop**. Het bloed neemt daarbij zuurstof op en geeft koolstofdioxide af.

► **Afb. 12** Dubbele bloedsomloop van de mens (schematisch).



De linkerhelft van het hart pompt het bloed heel het lichaam door. Het bloed stroomt door alle organen. Vanuit deze organen stroomt het bloed weer terug naar de rechterharthelft. Dit deel van de bloedsomloop heet de **grote bloedsomloop**. In de grote bloedsomloop worden zuurstof en voedingsstoffen (zoals glucose) afgegeven aan de cellen, en koolstofdioxide en andere afvalstoffen uit de cellen opgenomen in het bloed.

Per omloop stroomt het bloed twee keer door het hart. De bloedsomloop bij de mens noemen we daarom een **dubbele bloedsomloop**. In vergelijking met een enkelvoudige bloedsomloop kan met een dubbele bloedsomloop een hogere druk worden bereikt.

Naast het transport van stoffen kan het bloed nog andere functies vervullen. Bloed verdeelt de warmte die vrijkomt bij dissimilatie over het hele lichaam. Door deze warmteverdeling en door de aan- en afvoer van stoffen zorgt de bloedsomloop voor een gelijkmatig en constant intern milieu (homeostase). Ook speelt het bloed een rol bij de afweer tegen ziekteverwekkers.

opdrachten

Organisme	Circulatie-systeem	Hart
sprinkhaan		
regenworm		
vis		
mens		

- 9 Verschillende organismen hebben verschillende circulatiesystemen. Neem de tabel over en noteer bij elk organisme het type circulatiesysteem en het type hart.
Gebruik bij circulatiesysteem: *gesloten – open*.
Gebruik bij hart: *buisvormig – kamers en boezems*.
- 10 Het hart van een vis heeft een boezem en een kamer.
 - a Bevat de hartkamer van een vis zuurstofrijk bloed of zuurstofarm bloed?
 - b Welke wand is bij een vissenhart het meest gespierd: de wand van de boezem of de wand van de kamer? Leg je antwoord uit.
- 11 Mensen en vissen hebben een gesloten bloedsomloop.
 - a Wat is daarvan het voordeel?
 - b Welk voordeel heeft een dubbele bloedsomloop boven een enkelvoudige bloedsomloop?
 - c Noteer twee verschillen tussen een sprinkhaan en een mens die een verschil in de bouw van de circulatiesystemen noodzakelijk maken.

CONTEXT

Leefwereld

Bomenbloed

▼ **Afb. 13** Bloedende boomwond.



Esdoornsiroop is een natuurproduct dat wordt gewonnen door het sap van de Canadese suikeresdoorn (Engels: maple) af te tappen en in te dampen. De siroop is lekker op pannenkoeken en poffertjes. In Nederland kan op dezelfde manier berkensiroop worden gemaakt. Als je aan het einde van de winter een gaatje van ongeveer 6 cm diep in een dikke berkenstam boort, druppelt het sap er vanzelf uit. Zodra er bladeren aan de boom zitten, stopt het bloeden en is het afgelopen met het tappen van ‘bomenbloed’ (zie afbeelding 13).

Bij snoeien vlak voordat de knoppen uitlopen, gaan esdoorns en berken op de snoeiwond gemakkelijk bloeden. In de centrale cilinder van de wortel komen in het voorjaar suikers vrij. Die verhogen de worteldruk zodanig dat het voedselrijke sap naar de knoppen of door een wond naar buiten wordt geperst. Zo’n wond hoef je niet te verbinden. Het bloeden stopt vanzelf en het bomenbloed reinigt en bedekt de wond, zodat ziekteverwekkers minder kans hebben.

opdrachten

- 12 Esdoornsiroop wordt verkocht onder de naam ahornsiroop of maple syrup.
 - a Welke twee groepen voedingsstoffen bevat dit geconcentreerde plantensap?
 - b Na indampen is de siroop ongeveer veertig keer zo geconcentreerd als het verse sap.
Waarvoor is het nodig het plantensap te concentreren?
 - c Bij de meeste zaadplanten is de opwaartse sapstroom hetzelfde als de anorganische sapstroom. Dat geldt niet voor suikeresdoorns en berken in het voorjaar. Leg dat uit.
- 13 Suikermoleculen en mineralen verhogen de osmotische waarde in de centrale cilinder.
 - a Welke twee processen zorgen ervoor dat suikers en mineralen in de centrale cilinder komen?
 - b Suikeresdoorns en berken bloeien meteen met het uitkomen van het blad in het voorjaar.
Verklaar het belang van de suikerrijke opwaartse sapstroom bij deze bomen.
 - c Verklaar dat de bomen minder goed groeien als gevolg van bloeden en de winning van sap.
 - d In welke periode van het jaar kunnen esdoorns en berken worden gesnoeid zonder dat de wonden gaan bloeden?
- 14 Behalve esdoorn- en berkensiroop kun je ook appelstroop of honing op je pannenkoek doen.
Zoek informatie over de productiewijze van deze vier smaakmakers.

Leerdoelen

- Je kunt de delen van een hart noemen met hun functies en kenmerken.
- Je kunt de werking van het hart beschrijven.

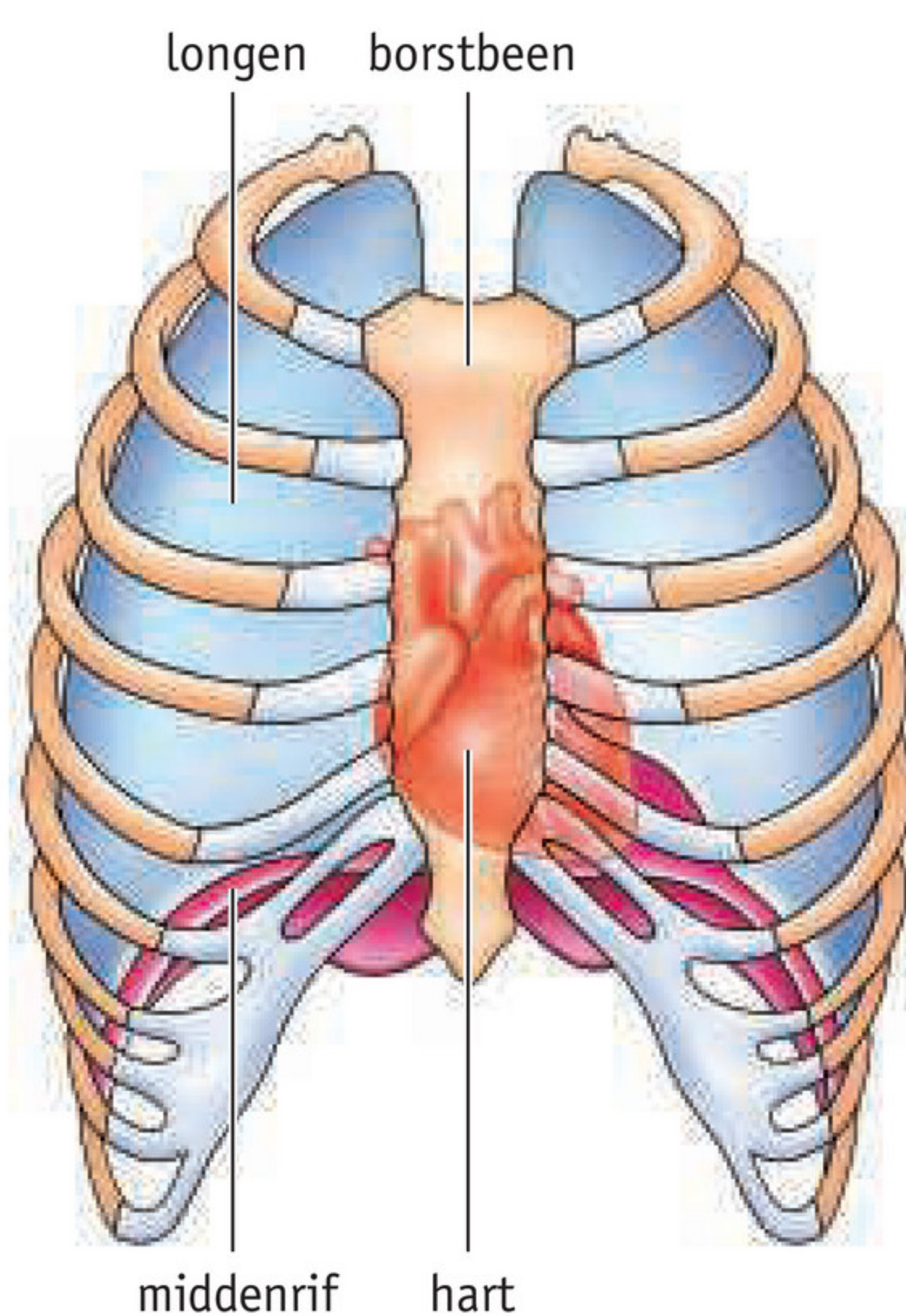
2 Het hart

De cellen van je lichaam hebben voortdurend zuurstof nodig. Je hart zorgt ervoor dat het bloed door je lichaam stroomt en stoffen transporteert. Al in een embryo van drie weken oud begint het hart te kloppen.

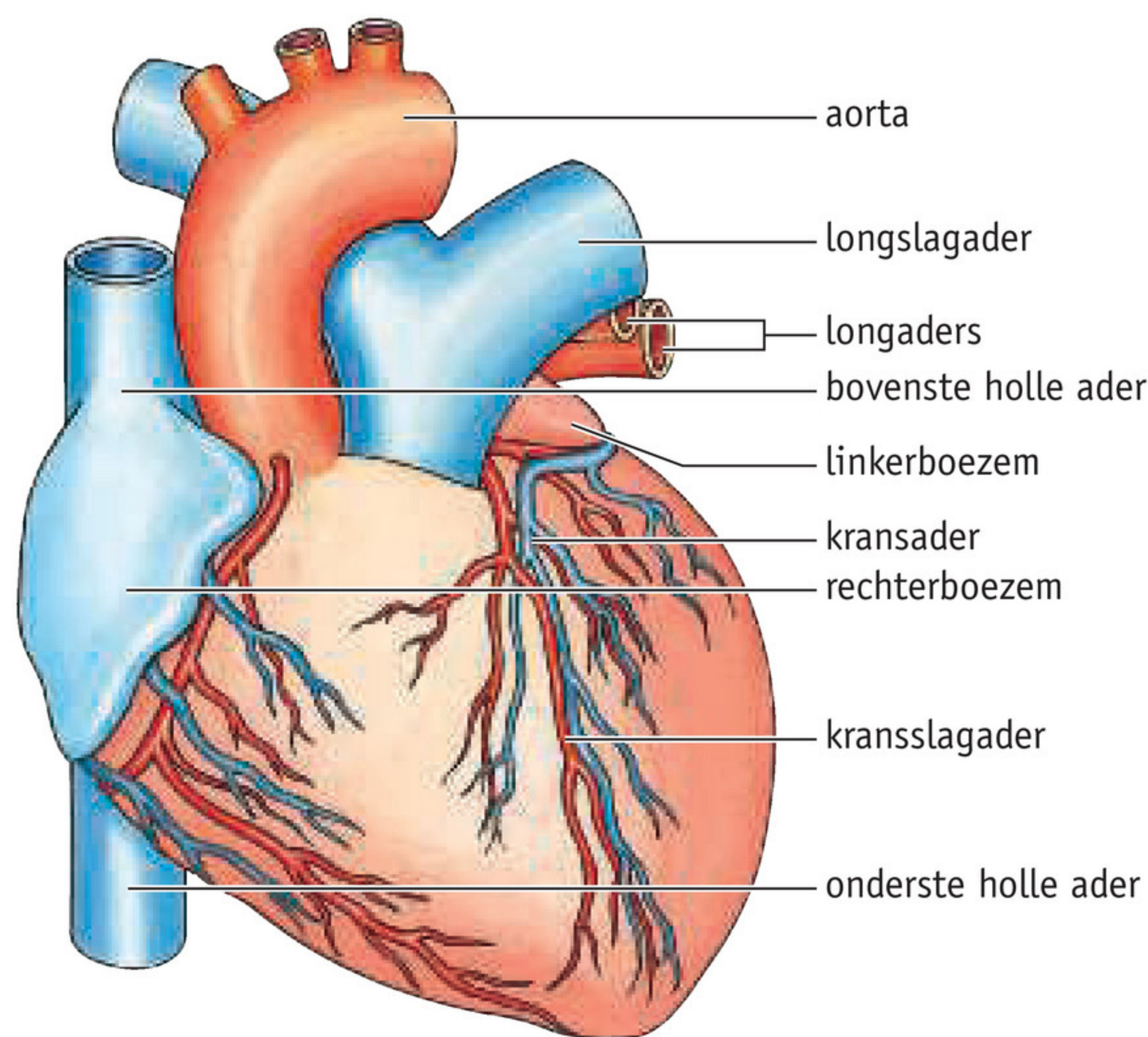
DE BOUW VAN HET HART

In de borstkas, iets naar links onder het borstbeen, ligt het hart (zie afbeelding 14). Het hart is een dubbele pomp, ongeveer zo groot als een vuist. Afbeelding 15 is een schematische tekening van het hart. Het hart is een holle spier die energie verbruikt. Over het hart lopen bloedvaten: de kransslagaders en de kransaders. De **kransslagaders** (aftakkingen van de aorta) voorzien het hartspierweefsel van zuurstof en voedingsstoffen. Koolstofdioxide en andere afvalstoffen worden afgevoerd via de **kransaders**. De kransaders monden rechtstreeks uit in de rechterboezem.

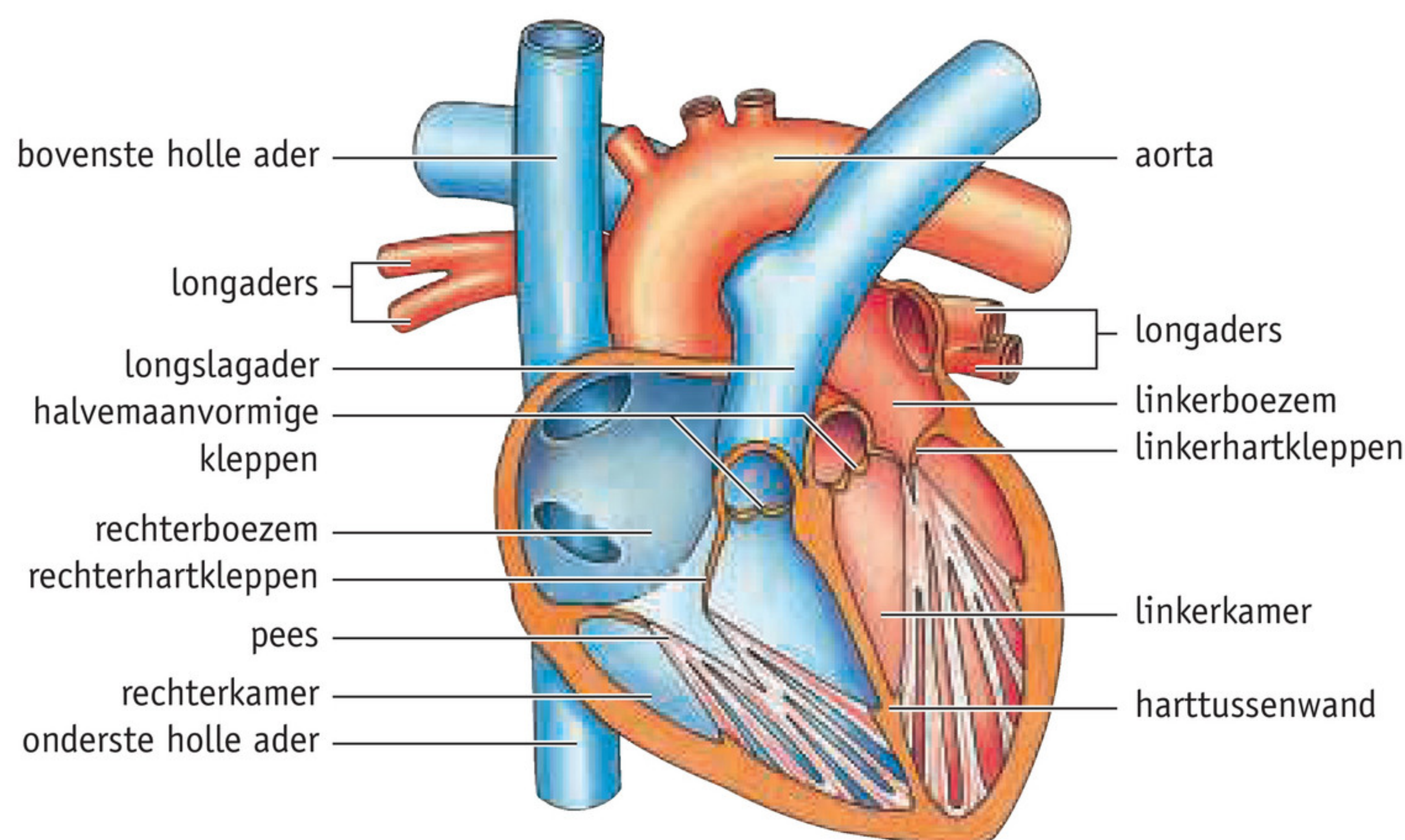
▼ **Afb. 14** De ligging van het hart (schematisch).



▼ **Afb. 15** Het hart (schematisch).



1 vooraanzicht

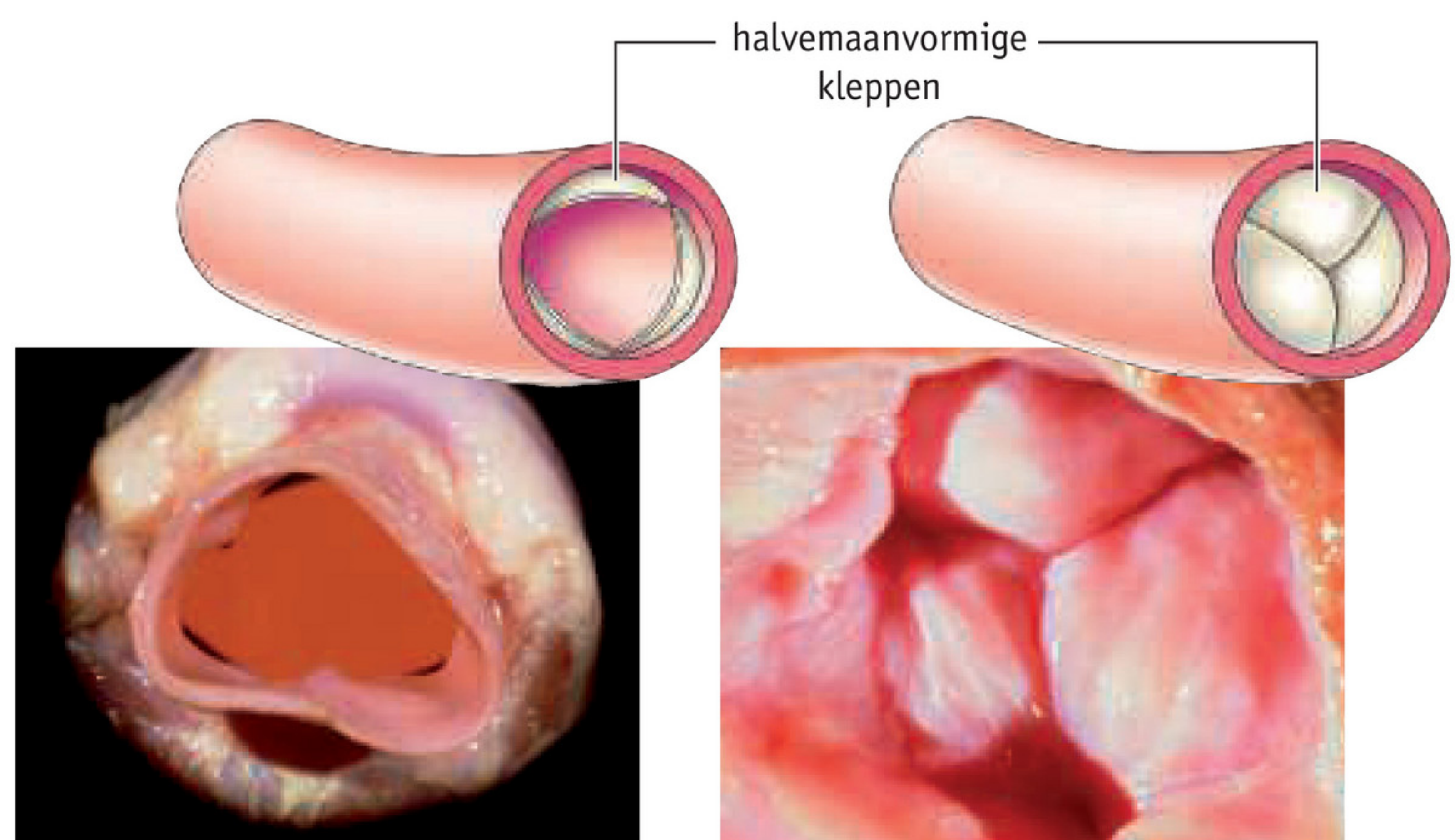


2 lengtedoorsnede

De linkerharthelft en de rechterharthelft zijn gescheiden door een **harttussenwand** (zie afbeelding 15.2). Elke harthelft bestaat uit een **boezem** en een **kamer**. De boezems zitten als een soort ‘zakjes’ op de kamers. Het bloed uit het lichaam komt het hart binnen via de onderste en bovenste holle ader, die uitmonden in de **rechterboezem**. Van de rechterboezem stroomt het bloed naar de **rechterkamer**. Deze pompt het bloed in de **longslagader** die zich vertakt naar beide longen. Het bloed uit de longen stroomt via de longaders terug naar het hart en komt in de **linkerboezem** terecht. Van de linkerboezem stroomt het bloed naar de **linkerkamer**. De linkerkamer pompt het bloed in de **aorta** (grote lichaamsslagader). Door slagaders die van de aorta aftakken, stroomt het bloed naar de organen van het lichaam. Boezems en kamers zijn van elkaar gescheiden door **hartkleppen**. Aan het begin van de longslagader en de aorta bevinden zich **halvemaanvormige kleppen** (zie afbeelding 16).

► PRACTICUMOPDRACHT 2

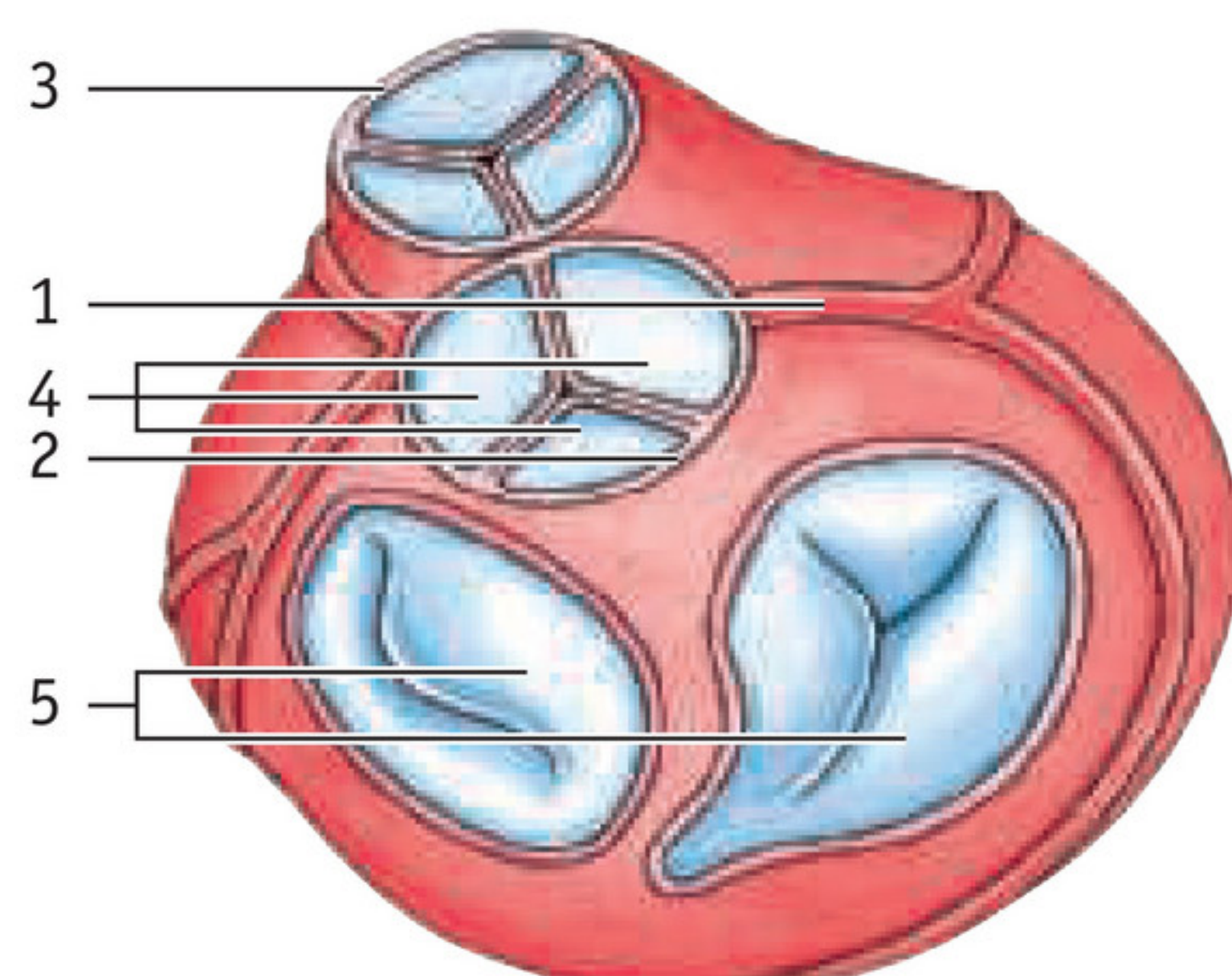
► **Afb. 16** Halbemaanvormige kleppen in de aorta (foto en schematische tekening).



1 halvemaanvormige kleppen open

2 halvemaanvormige kleppen gesloten

▼ **Afb. 17** Deel van het hart (schematische dwarsdoorsnede).



opdrachten

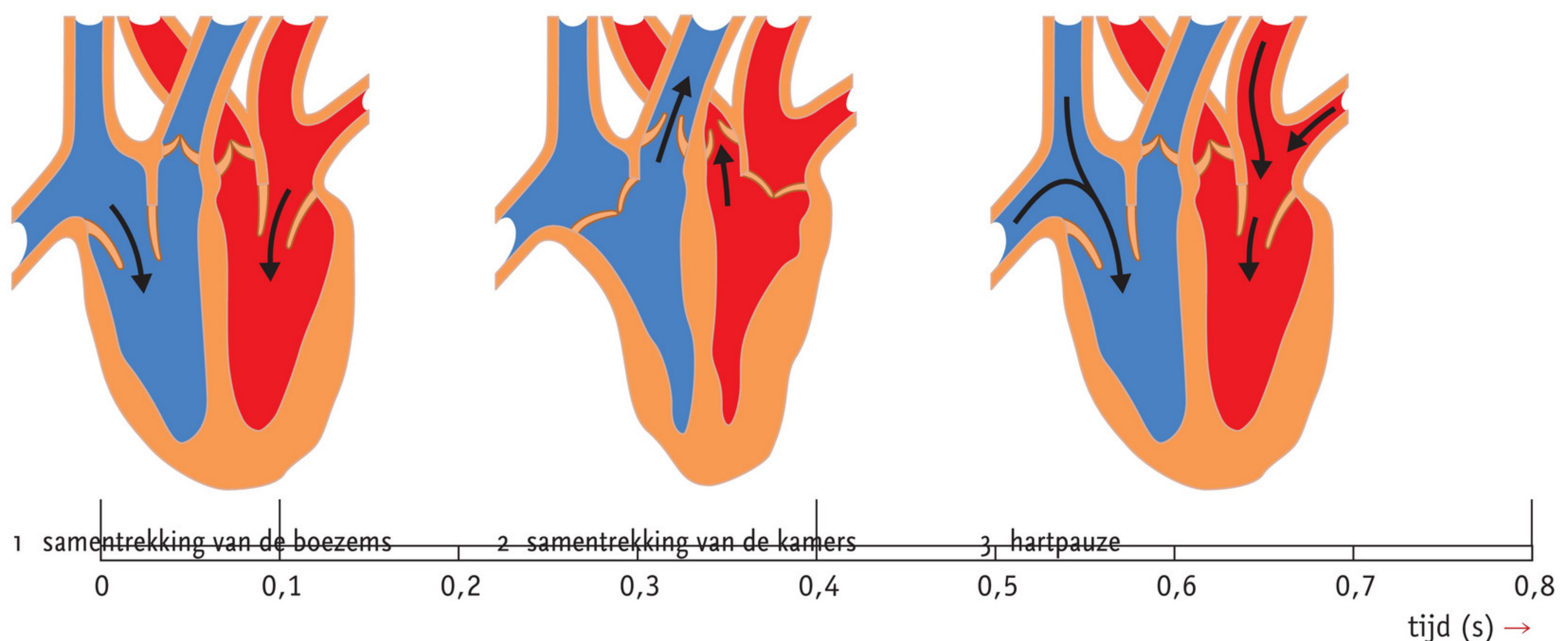
- 15 Afbeelding 17 is een schematische tekening van een deel van het hart. De beide boezems en de aansluitende bloedvaten zijn weggelaten. De nummers 2 en 3 geven wanden van bloedvaten aan.
 - a Noteer de namen van de genummerde delen.
 - b Een bloedcel gaat van de bovenste holle ader naar de aorta. Door welke delen van het hart komt deze bloedcel achtereenvolgens? Gebruik bij deze opdracht je **Binas** (tabel 84A).
- 16 Het hartspierweefsel van een mens produceert veel koolstofdioxide.
 - a In welk deel van het hart komt dit koolstofdioxide het eerst terecht?
 - b Bij het roken van een sigaret wordt in de longen nicotine opgenomen in het bloed. In welk deel van het hart komt deze nicotine het eerst terecht?
- 17 Het hart heeft een linker- en een rechterkamer.
 - a Welke kamer heeft de meest gespierde wand? Leg je antwoord uit.
 - b Doordat het hart het bloed met kracht wegpompt, ontstaat de bloeddruk. Is de bloeddruk aan het begin van de aorta lager dan, gelijk aan of hoger dan de bloeddruk aan het begin van de longslagader? Leg je antwoord uit.

DE WERKING VAN HET HART

Bij de werking van het hart zijn drie fasen te onderscheiden die elkaar steeds opvolgen (zie afbeelding 18). De hartslag begint als de boezems zijn volgestroomd met bloed uit de holle aders en de longaders. Beide boezems trekken gelijktijdig samen. Het bloed stroomt hierdoor de kamers in. De kamers zijn op dat moment ontspannen.

Als de kamers zijn volgestroomd, trekken deze samen. De druk in de kamers stijgt. Daardoor slaan de hartkleppen dicht en verhinderen dat het bloed terugstroomt in de boezems. De hartkleppen zijn door pezen verbonden met spieren in de hartwand. Deze spieren zorgen ervoor dat de pezen strak gespannen staan bij het samentrekken van de kamers. Hiermee wordt voorkomen dat de hartkleppen 'doorslaan' naar de boezems. Tijdens het samentrekken van de kamers ontspannen de boezems. Het samentrekken van hartspierweefsel heet systole, de ontspanning heet diastole.

▼ **Afb. 18** De werking van het hart (schematisch).



Als de druk in de kamers hoger is geworden dan de druk in de aorta en in de longslagader(s), worden de halvemaanvormige kleppen opgedrukt. Het bloed wordt tegelijkertijd in de aorta en in de longslagader(s) gepompt. Hierna volgt de **hartpauze**, waarbij zowel de boezems als de kamers ontspannen zijn. De halvemaanvormige kleppen zijn nu gesloten en verhinderen dat het bloed terugstroomt naar de kamers vanuit de longslagader en de aorta. Het bloed stroomt uit de holle aders en de longaders in de boezems en gedeeltelijk door naar de kamers. In afbeelding 18 is voor elke fase de stand van de hartkleppen en van de halvemaanvormige kleppen aangegeven.

Met een stethoscoop zijn bij elke hartslag twee **harttonen** te horen. Als de samentrekking van de kamers begint, slaan de hartkleppen dicht. Hierdoor is een doffe harttoon te horen. Als na het eind van de samentrekking de halvemaanvormige kleppen dichtslaan, is een heldere harttoon te horen. Een arts kan aan de harttonen horen of de kleppen goed functioneren. Als er **hartruis** te horen is, sluiten de kleppen niet goed.

opdrachten

18 Neem de tabel over en vul hem in. Gebruik daarbij: *dicht – hartkamers – open – slagaders*.

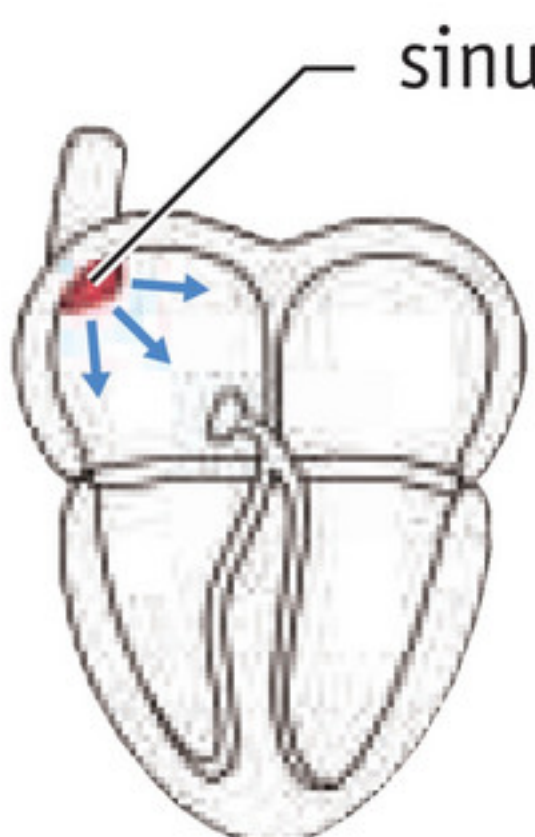
	Samentrekken van de boezems	Samentrekken van de kamers	Hartpauze
1 In welke richting stroomt het bloed?			
2 Hoe is de stand van de hartkleppen?			
3 Hoe is de stand van de halvemaanvormige kleppen?			

- 19 a Wat is de functie van de hartkleppen? En wat is de functie van de halvemaanvormige kleppen?
b In afbeelding 18 is een tijdbalk weergegeven. Op welk tijdstip op deze tijdbalk is het volume van de hartkamers het grootst? En op welk tijdstip het kleinst?
c Op welk tijdstip op deze tijdbalk slaan de hartkleppen dicht?
d En op welk tijdstip slaan de halvemaanvormige kleppen dicht?
e Tijdens het samentrekken van de kamers gaan de hartkleppen dicht en de halvemaanvormige kleppen open. Welke gebeurtenis vindt het eerst plaats? Leg je antwoord uit.
- 20 Met een stethoscoop kun je de hartslag beluisteren.
a Hoe komt het dat je met een stethoscoop bij elke hartslag twee harttonen kunt horen?
b Wat is er aan de hand als een arts met een stethoscoop hartruis hoort?
c Welke gevolgen heeft dit voor de bloedstroom in het hart?
- 21 Bij een medische keuring van een voetballer werd een hartkwaal geconstateerd. Een klep bij de aorta sloot, als gevolg van een aangeboren defect, onvolledig af. Hierdoor raakte de linkerkamer van het hart te vol. Leg dat uit.

DE HARTSLAGFREQUENTIE

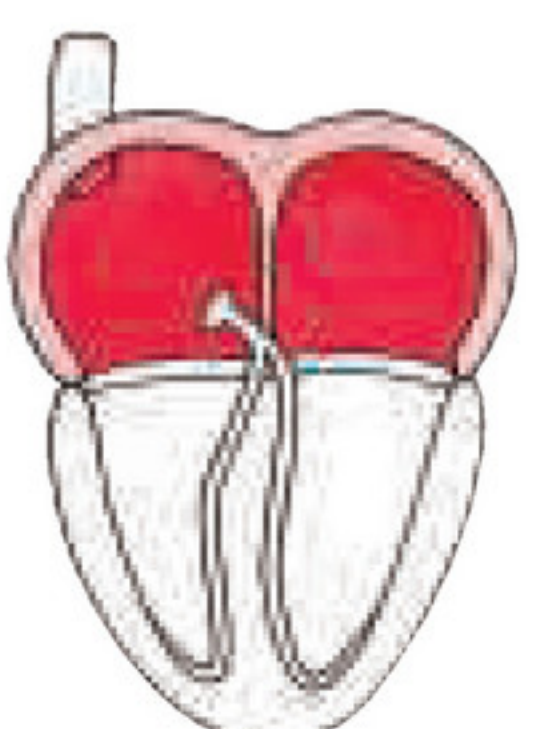
De samentrekking van het hartspierweefsel wordt veroorzaakt door impulsen. Deze impulsen ontstaan in een groep gespecialiseerde cellen in de wand van de rechterboezem: de **sinusknoop**. Vanuit de sinusknoop worden de impulsen eerst naar het spierweefsel in de wand van beide boezems geleid. Hierdoor wordt de samentrekking van de boezems veroorzaakt. Even later komen de impulsen in de wand van de kamers aan. Direct nadat de samentrekking van de boezems is voltooid, begint de samentrekking van de kamers. Hierna treedt de herstelfase op, waarna de sinusknoop opnieuw een impuls kan afgeven. In afbeelding 19 is de impulsgeleiding in het hart schematisch getekend.

▼ Afb. 19 De impulsgeleiding in het hart (schematisch).

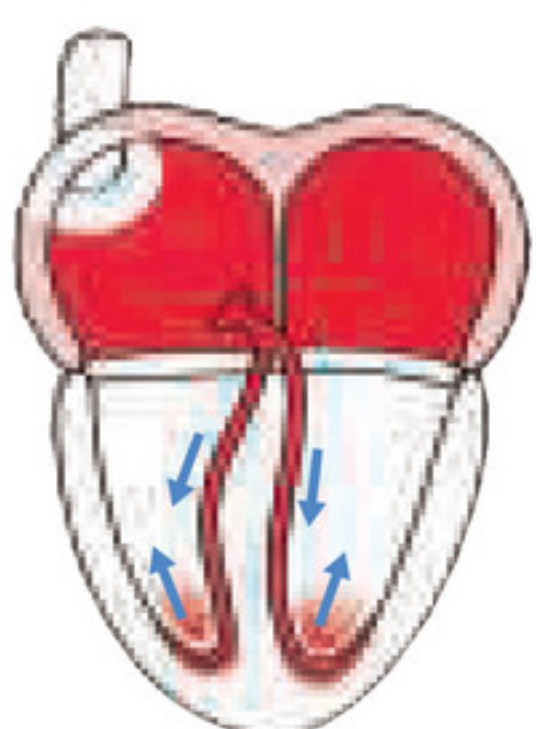


sinusknoop

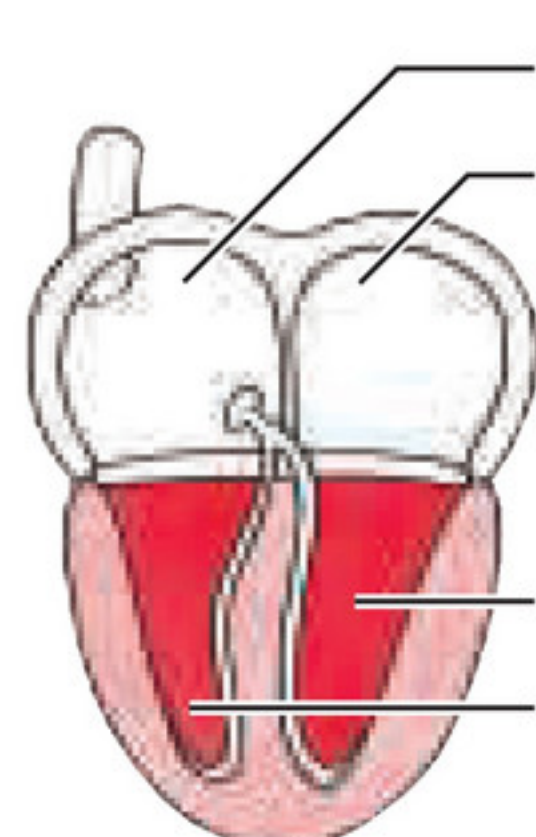
1 ontstaan van impulsen in de sinusknoop



2 geleiding van impulsen in de wand van de boezem: samentrekking van de boezems



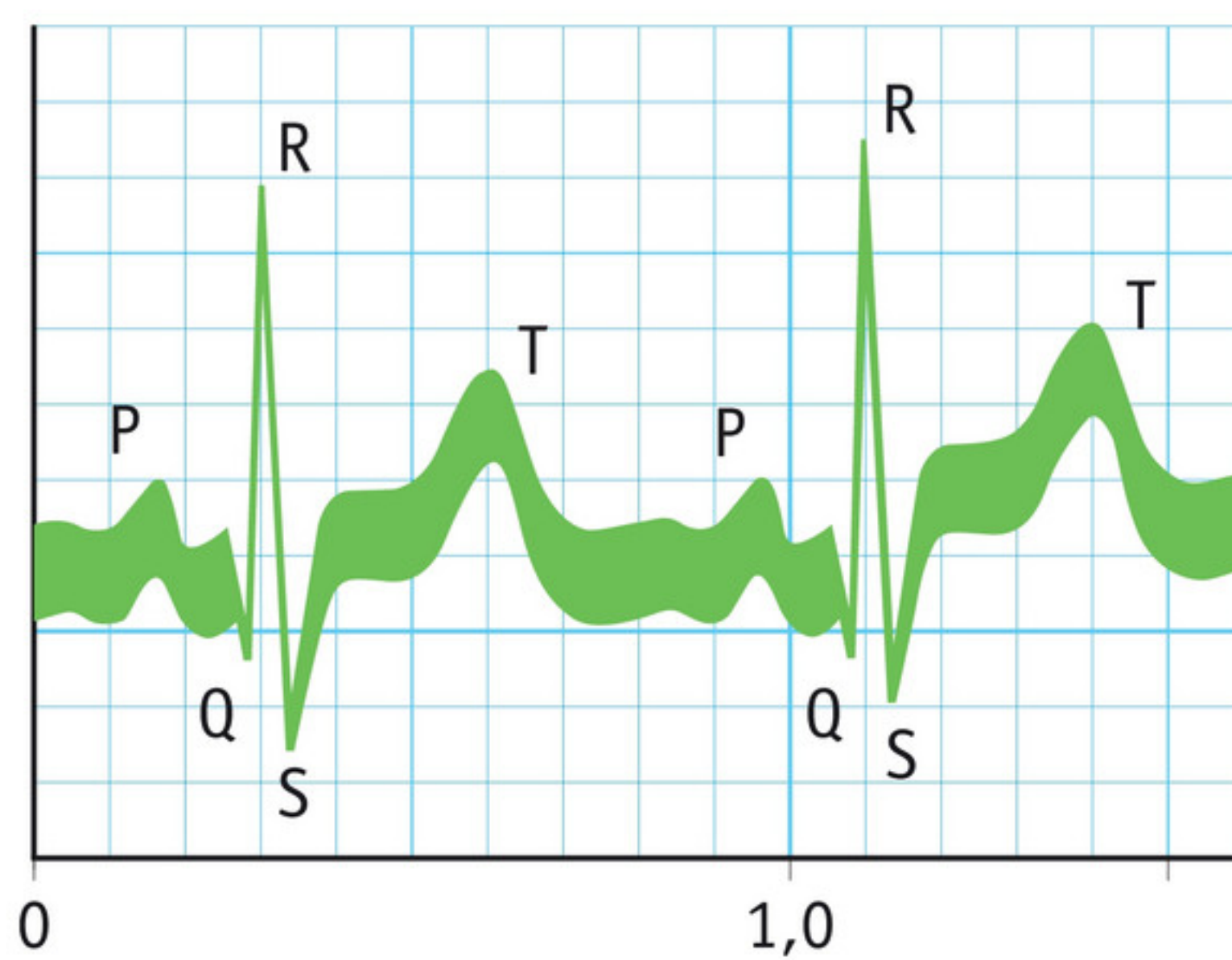
3 geleiding van impulsen vanuit de boezems naar de kamers



rechterboezem
linkerboezem
linkerkamer
rechterkamer

4 geleiding van impulsen in de wand van de kamers: samentrekking van de kamers

▼ **Afb. 20** Een elektrocardiogram (ecg).



► **Afb. 21** Regeling van het hartritme en de bloeddruk door negatieve terugkoppeling.



De impulsgeleiding in het hart kan worden gemeten en weergegeven in een **elektrocardiogram (ecg)**, zie afbeelding 20.

Bij hartritmestoornissen kunnen de boezems of de kamers te snel, te langzaam of onregelmatig samentrekken. De oorzaak ligt in de vorming of de geleiding van impulsen. Als er vaker ernstige hartritmestoornissen optreden en er risico bestaat voor een hartstilstand, kan het hartritme worden ondersteund met behulp van een pacemaker. Deze herstelt het normale hartritme met elektrische impulsen.

De snelheid waarmee de sinusknoop impulsen afgeeft, noem je de **hartslagfrequentie** (of hartritme). De hartslagfrequentie hangt samen met de lichaamsactiviteit. Bij toenemende activiteit stijgt het hartritme. Dat is nodig om de bloeddruk op peil te houden. De bloeddruk wordt geregeld door negatieve terugkoppeling (zie afbeelding 21).

In de wand van de halsslagaders en de aorta liggen zintuigcellen die de bloeddruk waarnemen en doorgeven aan de hersenstam. Als de bloeddruk daalt onder een bepaalde waarde (de normwaarde), zorgt de hersenstam voor een stijging van het hartritme. Hierdoor stijgt de bloeddruk. Is de bloeddruk gestegen tot boven de normwaarde, dan daalt het hartritme weer.

De hersenstam kan ook worden beïnvloed door emoties en zintuiglijke waarnemingen (via de grote hersenen). Bijvoorbeeld als je gespannen of kwaad bent, of als je iets ziet waarvan je schrikt. Het bijniemerg geeft dan veel van het hormoon adrenaline af aan het bloed. Adrenaline en de hersenstam zorgen dan voor een verhoging van het hartritme.

De hartslagfrequentie is ook afhankelijk van de lichaamsgrootte. Bij pasgeboren baby's slaat het hart gemiddeld 130 keer per minuut, bij volwassenen in rust gemiddeld 70 keer per minuut. Bij volwassenen wordt per hartslag in rust 70 tot 100 mL bloed in de aorta gepompt. Deze hoeveelheid bloed noem je het **slagvolume**. Het slagvolume is onder andere afhankelijk van de hoeveelheid bloed die vanuit de holle aders de rechterboezem instroomt.

opdrachten

- 22 Letter P, R en T in het ecg van afbeelding 20 geven de drie fasen aan in een hartslag. T geeft de herstelfase (hartpauze) aan.
 - a Welke samentrekkingen horen bij letter P en R?
 - b Bereken de hartslagfrequentie van deze persoon.
- 23 Bij experimenten wordt soms een kloppend hart buiten het lichaam in een vloeistof gebracht.
Leg uit hoe het komt dat zo'n hart kan blijven kloppen.

- 24

a

Is het slagvolume van de linkerkamer kleiner dan, ongeveer gelijk aan of groter dan de hoeveelheid bloed die de rechterkamer per hartslag wegpompt?
- b

Als maat voor de hoeveelheid arbeid die een hart verricht, wordt meestal het minutenvolume gebruikt. Dit is de hoeveelheid bloed die per minuut door de linkerkamer in de aorta wordt geperst.
Bereken het gemiddelde minutenvolume van een volwassen persoon in rust.
- c

Bij sportmensen blijkt soms het hartritme bij toenemende inspanning gedurende een trainingsperiode weinig of niet te stijgen.
Door welke verandering in de hartwerking wordt dan toch het minutenvolume vergroot?
- 25

Lees het onderzoek naar risico op hart- en vaatziekten van afbeelding 22.

a

Welke leefgewoonten kunnen het cholesterolgehalte van het bloed en de bloeddruk verhogen?

b

Waarvoor is het belangrijk dat dit soort onderzoek met grote groepen deelnemers gebeurt?

c

Op welke waarde is het risico van mannen en vrouwen in de hoogerisicogroep gesteld?

d

Geef op basis van de tabel in eigen woorden een samenvatting van het resultaat.

e

Beschrijf een werkplan voor dit bevolkingsonderzoek.

▼ Afb. 22

ONDERZOEK		RISICOFACTOREN VOOR HART- EN VAATZIEKTEN	
Inleiding	In een grootschalig, langdurig bevolkingsonderzoek werd de invloed onderzocht van de risicofactoren: cholesterolgehalte van het bloed, bloeddruk en roken op de sterfte aan hart- en vaatziekten.		
Onderzoeksvraag	Wat is de invloed van risicofactoren op het aantal sterfgevallen als gevolg van hart- en vaatziekten bij mannen en vrouwen?		
Hypothese	Mannen en vrouwen met lage waarden voor de risicofactoren hebben een kleinere kans om aan hart- en vaatziekten te overlijden.		
Experiment			
Resultaat	Relatief risico voor mannen en vrouwen in de laagrisicogroep om te overlijden aan hart- en vaatziekten ten opzichte van mannen en vrouwen in de groep met een te hoge waarde voor een van de drie risicofactoren.		
	Geslacht	Leeftijdscategorie	Relatief risico*
	Mannen laag risico	40 – 59 jaar	0,28
	Vrouwen laag risico	40 – 59 jaar	0,27
	* ten opzichte van de frequentie hart-en vaatziekten bij de hoogerisicogroep		
Conclusie	Mannen en vrouwen met lage waarden voor de risicofactoren hebben op lange termijn een veel kleinere kans om te overlijden aan hart- en vaatziekten. Een groter aandeel van de groep met lage risicofactoren in de bevolking kan dus bijdragen aan een verlaging van de sterfte aan hart- en vaatziekten.		

Bron: <http://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/192153>

CONTEXT

Leefwereld

Binnen 6 minuten

▼ **Afb. 23** Direct starten met reanimatie.



Toen Talisha door het park wandelde, zag ze een man die onwel werd (zie afbeelding 23). Hij ademde niet meer. Ze begon meteen met reanimeren. Haar zus Dianthe belde 112. De politie, die nog voor de ambulance arriveerde, gebruikte de AED. Talisha en haar zus kregen de volgende dag een bos bloemen en een dinerbon van de familie van de man, die het gelukkig heeft overleefd. Net drie weken daarvoor had Talisha een herhalingscursus reanimeren gevolgd bij de EHBO-vereniging. Daar leer je ook hoe je een AED (Automatische Elektronische Defibrillator) moet gebruiken. Een AED kan via elektroden op de huid kamerfibrilleren herkennen en met een elektrische schok het hartritme herstellen. AED-apparaten hangen op drukbezochte punten. In steeds meer plaatsen worden zesminutenzones ingesteld voor snelle actie met reanimatie en defibrillatie.

opdrachten

- 26 Een ICD (Internal Cardioverter Defibrillator) is een speciaal soort pacemaker voor mensen met levensbedreigende hartritmestoornissen. De ICD herkent een hartritmestoornis en herstelt zo nodig het normale hartritme door elektrische impulsen of een sterke stroomstoot af te geven.
 - a Geef een overeenkomst en een verschil tussen een AED en een ICD.
 - b Bij kamerfibrilleren komt het hart in een soort snelle trilstand waardoor het niet effectief meer pompt.
Leg uit dat in dit geval circulatiestilstand een betere benaming is dan hartstilstand.
 - c Een AED kan beter geen schok geven bij een normaal hartritme of bij een hartstilstand. Leg dat uit.
- 27 Bij een circulatiestilstand is het belangrijk dat je snel handelt.
 - a Noem drie dingen die je moet doen bij een slachtoffer met een circulatiestilstand.
 - b Waarvoor is het belangrijk om binnen zes minuten de bloedcirculatie te herstellen?
 - c In vrijwel alle schoolgebouwen is een AED aanwezig.
Waar bevindt zich op jouw school een AED?
 - d Hoe kom je erachter hoe een AED werkt?
 - e Bij welke organisaties kun je leren hoe je een AED moet gebruiken?



► OLYMPIADE OPDRACHT 7

Leerdoelen

- Je kent de functies en kenmerken van aders, slagaders en haarvaten.
- Je kunt de delen van het bloedvatenstelsel noemen en daarin zuurstofgehalte, glucosegehalte en stroomrichting van het bloed aangeven.
- Je kunt het verloop van de bloeddruk in de bloedvaten beschrijven.

▼ **Afb. 24** Doorsnede van een slagader en een ader (microscopisch, vergroting 33×).



wand van een slagader

wand van een ader

► **Afb. 25** De bloedstroom door een orgaan (schematisch).

3 Het bloedvatenstelsel

Bloed stroomt met grote snelheid door grote buizen naar de dunste buisjes, waar het uiterst langzaam door de organen stroomt om stoffen uit te wisselen met de organen. De samenstelling van het bloed verandert zo voortdurend.

DRIE TYPEN BLOEDVATEN

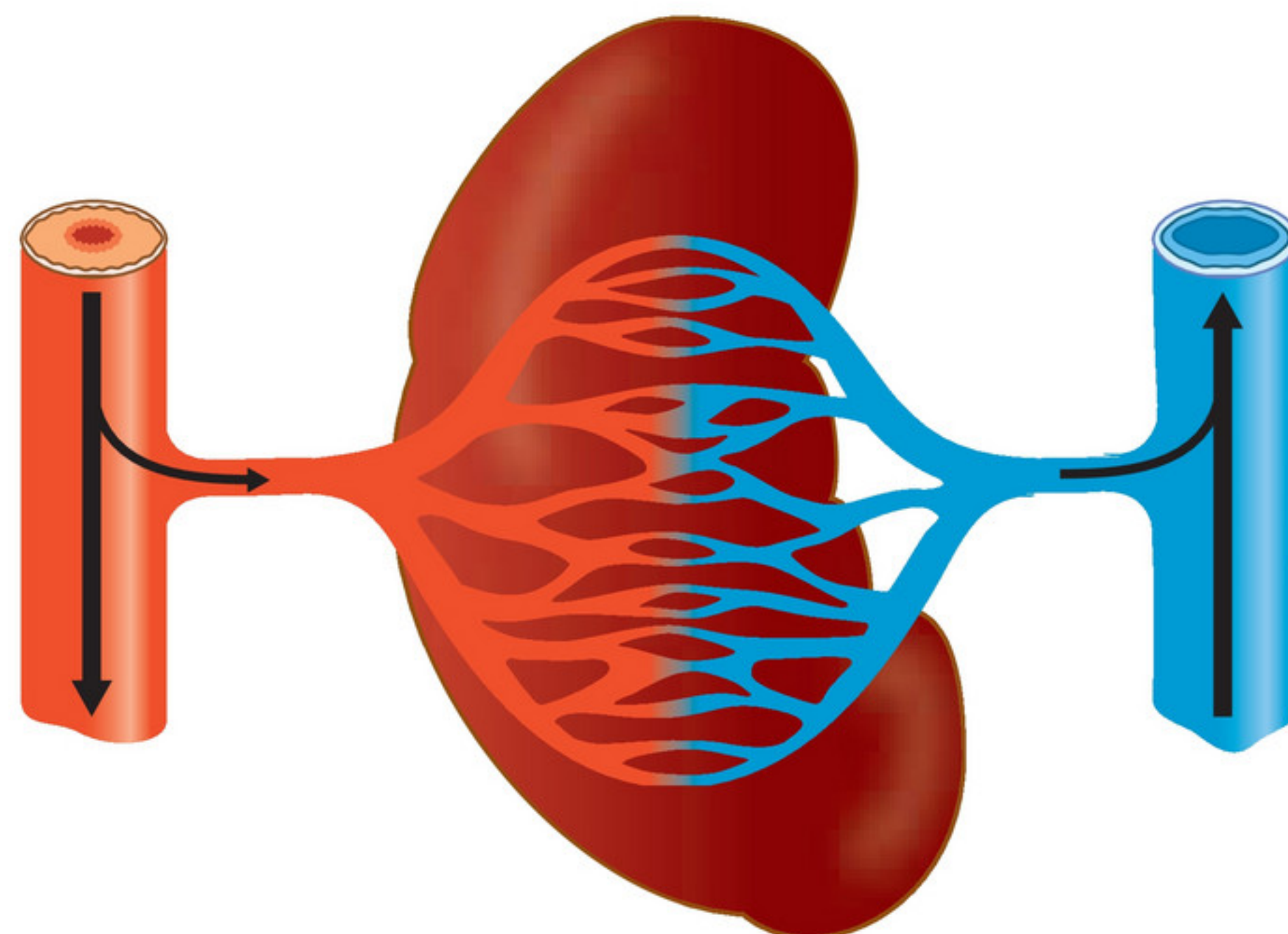
Het hart pompt het bloed in **slagaders**. Via slagaders stroomt het bloed weg van het hart, naar de organen toe. Door het pompen van het hart stroomt het bloed stootsgewijs door de slagaders. De wanden van slagaders zijn dan ook dik, stevig en elastisch. Ze bevatten een dikke laag glad spierweefsel (zie afbeelding 24). Slagaders liggen meestal diep in het lichaam, waardoor ze niet gemakkelijk worden beschadigd.

In de organen vertakken de slagaders zich in steeds fijnere bloedvaten. Hierbij wordt de wand van de bloedvaten steeds dunner. Deze wand bestaat voor een groot deel uit glad spierweefsel. Dit maakt het mogelijk dat deze bloedvaten zich vernauwen of verwijden. Hierdoor kan de hoeveelheid bloed worden geregeld die door een bepaald weefsel stroomt. Bij grote lichamelijke inspanning worden de bloedvaten in de skeletspieren, in het hart en in de huid wijder. De bloedvaten in andere delen van het lichaam worden dan nauwer. De bloedtoevoer naar organen kan hierdoor veranderen.

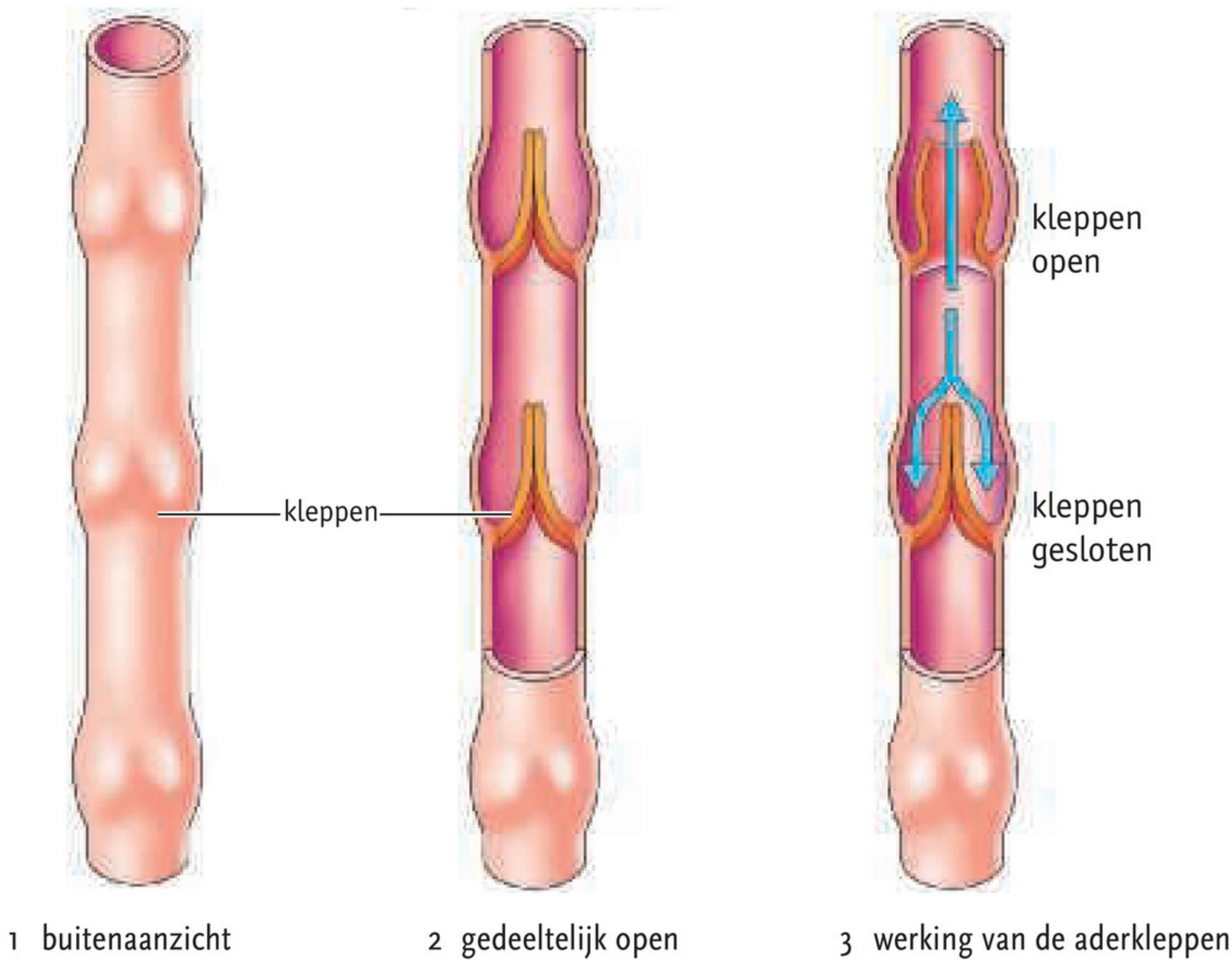
► PRACTICUMOPDRACHT 4

De slagaders vertakken zich tot **haarvaten**, waarvan de wand uit één laag cellen bestaat. Door deze dunne wand kan vocht met voedingsstoffen en zuurstof de haarvaten verlaten en bij de cellen komen. Koolstofdioxide en andere afvalstoffen die door de cellen zijn geproduceerd, kunnen door de dunne wand in de haarvaten terechtkomen. De hoeveelheid bloed die door een haarvatennet stroomt, is afhankelijk van de activiteit van de cellen van het weefsel.

De haarvaten herenigen zich tot **aders**. Hierdoor stroomt het bloed naar het hart terug (zie afbeelding 25). De wanden van aders zijn dunner en minder elastisch dan die van slagaders. De bloeddruk in de aders is lager dan die in de haarvaten. Veel aders bevatten kleppen, vooral de aders in de armen en benen. Deze **aderkleppen** laten het bloed slechts in één richting door (zie afbeelding 26). In aders is geen hartslag meer merkbaar. Aders liggen meestal minder diep in het lichaam. Je kunt ze bijvoorbeeld aan de onderzijde van je arm zien liggen als blauwe strepen.



► **Afb. 26** Werking aderkleppen (schematisch).



	S	A
1 Het bloed stroomt		
2 De bloeddruk is		
3 De wand is		
4 De bloedstroom is		
5 Ze liggen meestal		
6 Kleppen zijn		

- opdrachten
- 28

Neem de tabel over (S = slagaders, A = aders) en vul hem in. Gebruik bij deze opdracht je **Binas** (tabel 84C).

Gebruik bij 1: *van de organen naar het hart – van het hart naar de organen*.

Gebruik bij 2: *hoog – laag*.

Gebruik bij 3: *dik, stevig en elastisch – dun, weinig elastisch*.

Gebruik bij 4: *regelmatig – stootsgewijs (kloppend)*.

Gebruik bij 5: *diep in het lichaam – minder diep in het lichaam*.

Gebruik bij 6: *aanwezig, vooral in de armen en benen – niet aanwezig (behalve halvemaanvormige kleppen)*.
- 29

Waardoor is een slagaderlijke bloeding gevaarlijker dan een aderlijke bloeding?
- 30

Bij atleten bevinden zich in de spieren veel meer haarvaten dan bij mensen die niet aan sport doen. Leg uit welk voordeel dit heeft.
- 31

De bloedstroom naar de organen hangt af van de omstandigheden. Zo bedraagt de bloedtoevoer naar de buikholte bijvoorbeeld 1400 mL/min tijdens de slaap en 300 mL/min tijdens maximale inspanning. De bloedtoevoer naar de skeletspieren neemt juist toe als je je meer inspant.

a

In de wand van de vertakkingen van slagaders bevindt zich spierweefsel. Wat is de functie van dit spierweefsel?

b

Bij zware arbeid stroomt er meer bloed door de huid. Wat is daarvan het nut?

c

Bij maximale lichamelijke inspanning stroomt er weer minder bloed door de huid. Leg dat uit.

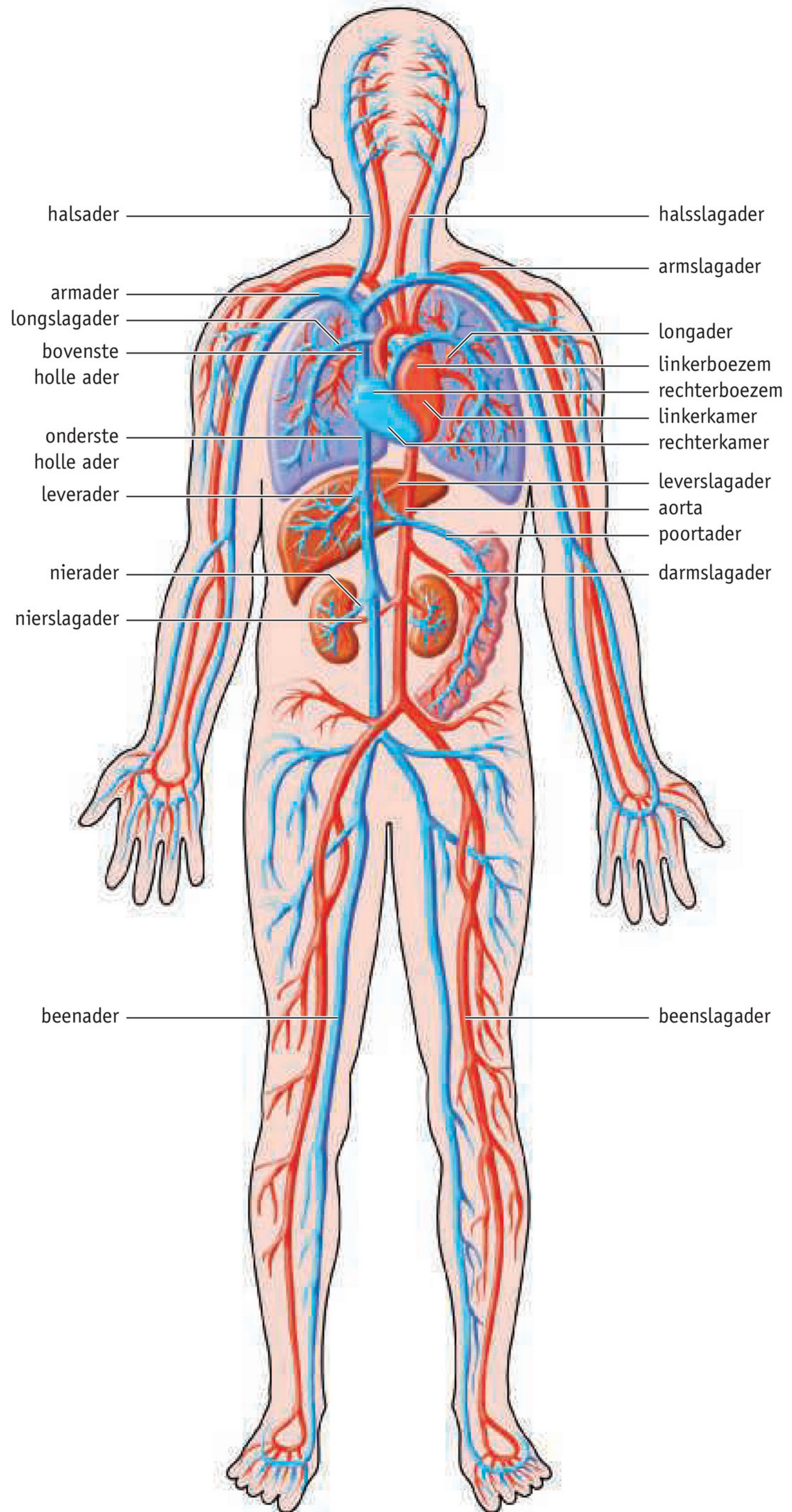
d

Naar welk orgaan is de bloedtoevoer onder alle omstandigheden constant?

NAAMGEVING VAN DE BLOEDVATEN

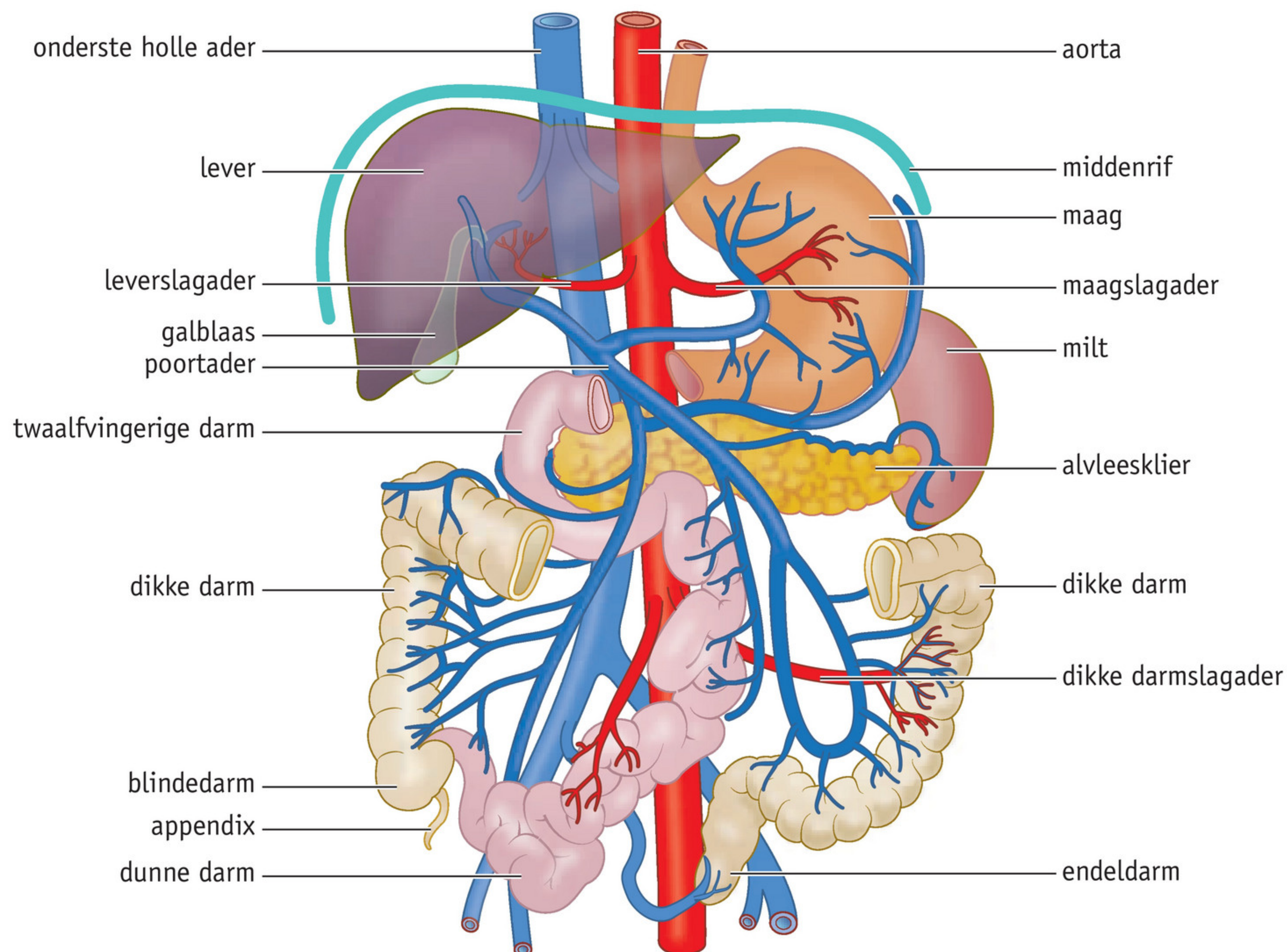
In afbeelding 27 zijn de belangrijkste bloedvaten van het bloedvatstelsel van de mens getekend. Slagaders en aders hebben in het algemeen de naam van het orgaan waar ze naartoe of vandaan lopen. De ader die het bloed afvoert uit de wand van het darmkanaal vormt een uitzondering.

► **Afb. 27** Het bloedvatstelsel bij de mens (schematisch, haarvaten ontbreken).



Het bloed uit de wand van een groot deel van het darmkanaal gaat via de **poortader** naar de lever (zie afbeelding 28). Daarnaast ontvangt de lever bloed via de leverslagader. In de darmwand vindt resorptie van voedingsstoffen plaats. Het bloed in de poortader kan hierdoor sterk in samenstelling variëren. Hormonen uit de alvleesklier regelen of de lever glucose opslaat of afgeeft. De lever en de alvleesklier vervullen zo belangrijke functies in het constant houden van de samenstelling van het bloed.

▼ **Afb. 28** De poortader met vertakkingen (de haarvaten zijn weggelaten).

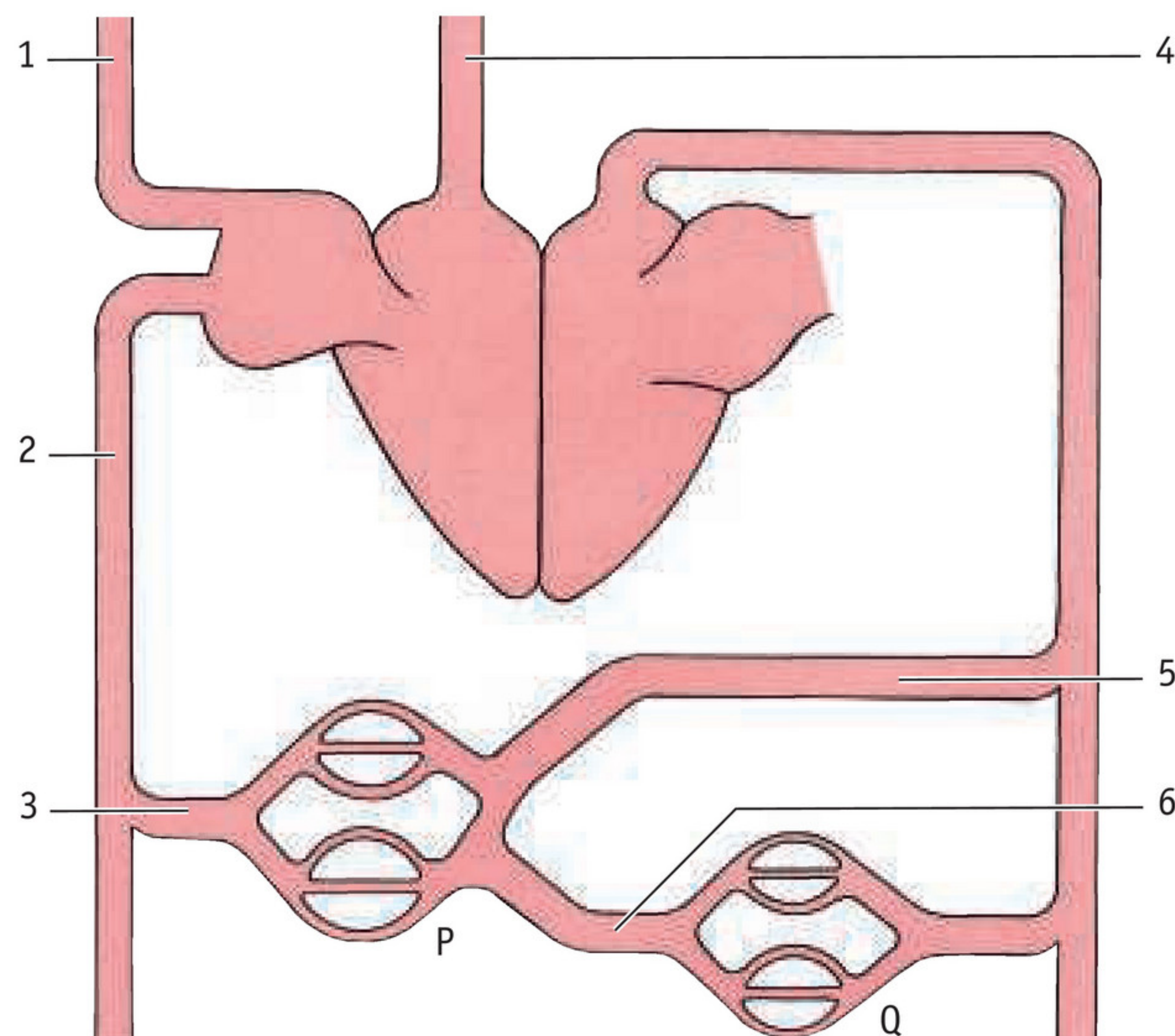


opdrachten

- 32 De meeste slagaders bevatten zuurstofrijk bloed en de meeste aders zuurstofarm bloed.
 - a Welke slagaders en aders vormen een uitzondering op deze regel?
 - b Leg uit hoe het komt dat je aan de bloedvaten in je polsen wel je hartritme kunt voelen en aan de meeste andere bloedvaten in je armen niet.
- 33 Wanneer iemand een alcoholhoudende drank drinkt, is korte tijd daarna alcohol in het bloed aan te tonen. Alcohol wordt door enzymen in de lever afgebroken, waardoor de alcoholconcentratie in het bloed weer afneemt.
 - a Alcoholmoleculen kunnen via de wand van de dunne darm in het bloed worden opgenomen.
Via welk bloedvat gaat een alcoholmolecuul van de dunne darm naar de lever?
 - b Alcoholmoleculen kunnen ook via de longen worden uitgescheiden.
Daardoor kun je het vaak ruiken als iemand alcohol heeft gebruikt.
Door welke bloedvaten en hartdelen gaat een alcoholmolecuul dat via de kortste weg van de wand van de dunne darm naar de longen gaat?
 - c Alcoholmoleculen kunnen al in de mond in het bloed worden opgenomen.
Door welke bloedvaten en hartdelen gaat een alcoholmolecuul dat via de kortste weg van de mond naar de lever gaat?

- 34 De hormonen insuline en glucagon regelen de opname en afgifte van glucose door de lever.
- Via welk bloedvat bereiken deze alvleesklierhormonen de lever?
 - Is het bloed in dit bloedvat zuurstofrijk of zuurstofarm? Leg je antwoord uit.
 - Sommige medicijnen worden als zetpillen via de endeldarm ingebracht. Verklaar de effectieve werking van zetpillen.
- 35 Je kunt de namen van de bloedvaten van buiten leren of de regelmaat in de naamgeving gebruiken.
- Welke algemene regel geldt voor de naamgeving van bloedvaten?
 - Wat heeft jouw voorkeur: van buiten leren of gebruikmaken van de samenhang van de regelmaat?
- 36 Afbeelding 29 stelt een deel voor van de bloedsomloop van een mens.
- Noteer de namen van de genummerde bloedvaten.
 - Welk orgaan stelt P voor?
 - Welk orgaan kan worden voorgesteld door Q? Geef vier mogelijkheden.
 - De hoeveelheid bloed die per minuut door de genummerde bloedvaten stroomt, is niet gelijk.
Rangschik bloedvat 2 tot en met 5. Begin met het bloedvat waar de grootste hoeveelheid bloed doorheen stroomt.
 - Het glucosegehalte van het bloed in de genummerde bloedvaten is niet gelijk.
In welk van de genummerde bloedvaten kan het glucosegehalte van het bloed het sterkst variëren?
 - In welk van de genummerde bloedvaten is het glucosegehalte van het bloed het hoogst na een periode van vasten?
 - Rangschik bloedvat 1 tot en met 4 op glucosegehalte van het bloed na een periode van vasten. Begin met het bloedvat waarin het bloed het hoogste glucosegehalte heeft.

► **Afb. 29** Deel van de bloedsomloop van de mens (schematisch).



BLOEDDRUK

De druk die het bloed uitoefent op de wand van de bloedvaten noem je de **bloeddruk**. De belangrijkste oorzaak van de bloeddruk is het samentrekken van de hartkamers, vooral van de linkerkamer. Als de halvemaanvormige kleppen zijn opengedrukt, is de bloeddruk in de hartkamers gelijk aan die in de aangesloten slagaders. De hoge bloeddruk in de slagaders wordt opgevangen doordat de elastische wand van de slagaders uitzet. De bloeddruk daalt daardoor iets. Als het samentrekken van de hartkamers is voltooid, nemen de terugverende elastische wanden van de slagaders de pompende kracht over.

De maximale druk op het moment dat de kamers zich samentrekken, is de **bovendruk**. De minimale druk tijdens de hartpauze is de **onderdruk**. Bloeddruk wordt opgegeven als bovendruk/onderdruk in mm Hg. Een bloeddruk rond de 120/80 mm Hg is normaal. De bloeddruk stijgt normaal gesproken bij toenemende inspanning of als je je opwindt. Een voortdurend hoge bloeddruk kan worden veroorzaakt door stress, roken, overgewicht, vaak zout eten en door slagaderverkalking, wat vooral bij oudere mensen voorkomt. Ook erfelijke factoren spelen een rol.

Slagaderverkalking ontstaat door afzetting van cholesterol tegen de wand van bloedvaten. Uiteindelijk wordt ook kalk afgezet. De elasticiteit van de vaatwand vermindert en de vaten vernauwen. Raken een of meer vertakkingen van een kransslagader verstopt, dan krijgt een deel van de hartspier geen zuurstof en voedingsstoffen meer. Dit deel sterft dan af. Zo'n **hartinfarct** kan dodelijk zijn als een groot deel van de hartspier afsterft. Maar de meeste hartpatiënten krijgen eerst een 'waarschuwing'. Dan raakt een kleine aftakking van de kransslagader verstopt. Als het hart in goede conditie is, kunnen nieuwe aftakkingen ontstaan (meestal vanaf een ander bloedvat) die de taak overnemen.

METING VAN DE BLOEDDRUK

De bloeddruk varieert gedurende de dag. Bij lichamelijke inspanning of bij stress kan de bovendruk hoger zijn. Een bloeddrukmeting is een momentopname. Om een goede indruk te krijgen van de bloeddruk is het belangrijk om meerdere keren en op verschillende momenten te meten. Bij veel mensen stijgt de bloeddruk met de leeftijd.

De meting van de bloeddruk gaat als volgt (zie afbeelding 30). In een manchet om de bovenarm wordt lucht gepompt tot de armslagader wordt dichtgedrukt en er geen vaatgeruis meer hoorbaar is. De druk in de manchet is dan hoger dan de bovendruk. De manchet bevindt zich op harthoogte. De onderarm ligt ontspannen op tafel.

De arts laat de lucht ontsnappen uit de manchet tot bij elke samentrekking van de hartkamer de armslagader net een beetje wordt opengedrukt. Zodra de arts dit **vaatgeruis** kan horen met de stethoscoop, is de druk in de manchet gelijk aan de bovendruk (gemiddeld 120 mm Hg). Hierna laat de arts nog meer lucht ontsnappen. Het bloed stroomt dan ongestoord door de slagader. Zodra geen vaatgeruis meer hoorbaar is, is de druk in de manchet gelijk aan de onderdruk (gemiddeld 80 mm Hg).

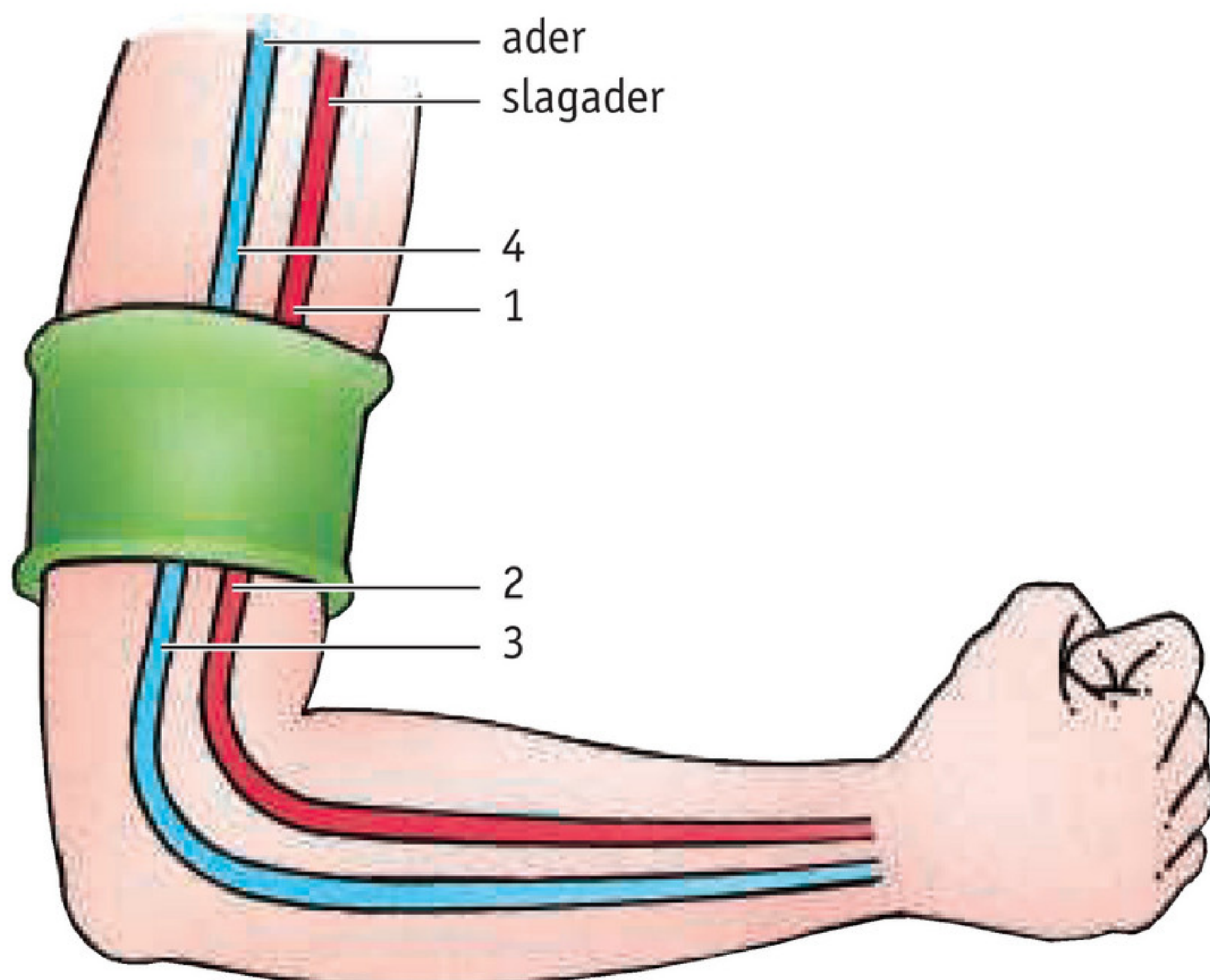
▼ Afb. 30 Meting van de bloeddruk.



opdrachten

- 37 Een arts verricht een bloeddrukmeting bij een persoon (zie afbeelding 31). De arts heeft de manchet om de bovenarm aangebracht en opgepompt. De arts is nog niet begonnen met het laten leeglopen van de manchet.
- Is er op dit moment bij de arm waaraan de bloeddrukmeting wordt verricht een polsslag te voelen?
 - Op welk van de aangegeven plaatsen in afbeelding 31 zal de bloeddruk op dit moment het laagst zijn? Leg je antwoord uit.
 - Vervolgens laat de arts de manchet geleidelijk leeglopen. Op welk van de aangegeven plaatsen zal hierdoor het eerst de bloeddruk stijgen? Leg je antwoord uit.
 - Op welk van de aangegeven plaatsen zal de arts nu vaatgeruis kunnen horen?
 - De bloeddruk kan worden gemeten met een manchet of met een polsbloeddrukmeter (zie afbeelding 32). Welke meetmethode heeft de hoogste validiteit? Licht je antwoord toe.

▼ Afb. 31 Aders en slagaders boven en onder een manchet.



▼ Afb. 32 Digitale polsbloeddrukmeter.

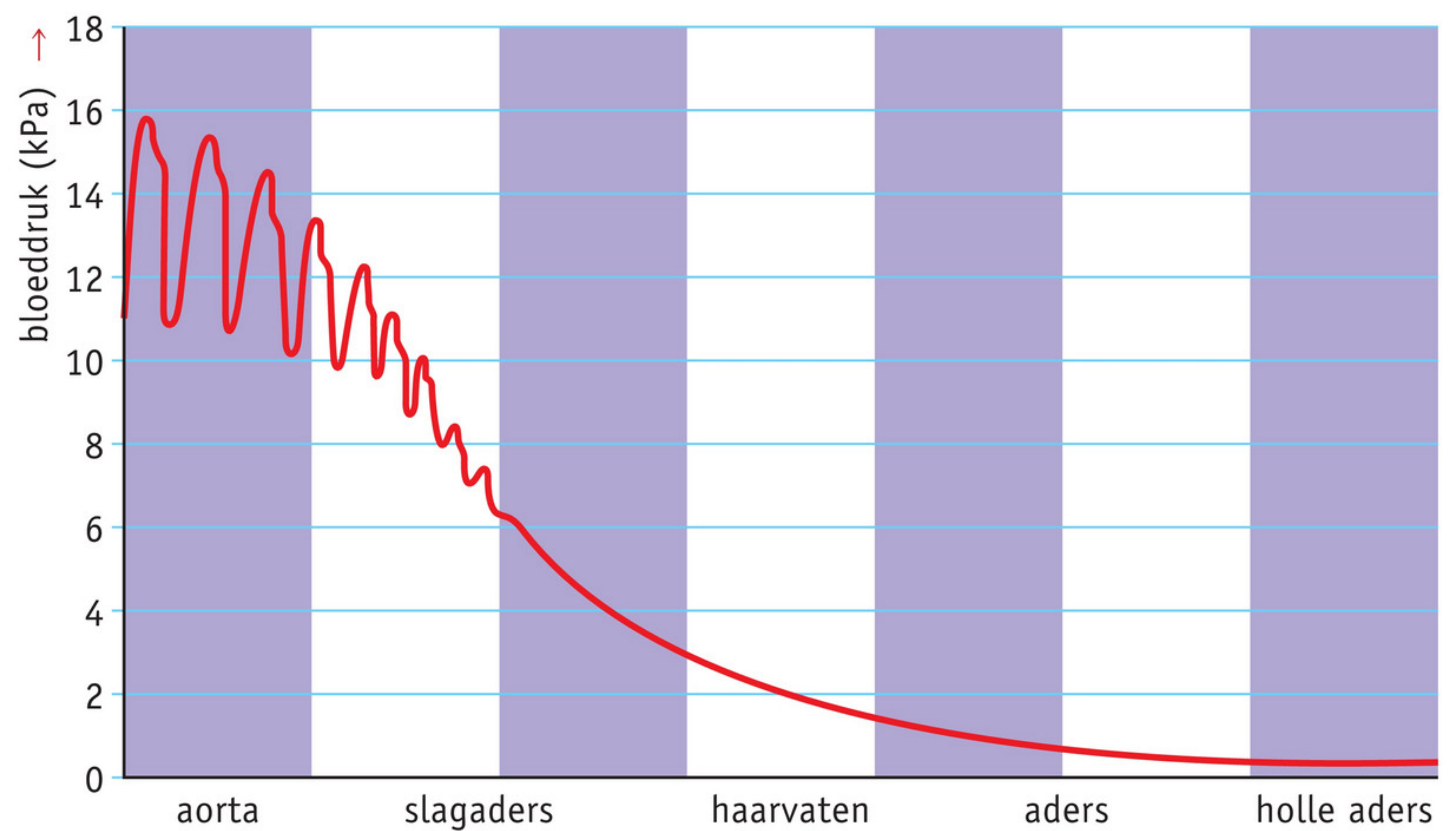


- 38 Roken, stress en bepaalde voedingsgewoonten vergroten de risico's op hoge bloeddruk en hart- en vaatziekten. Wellicht ken je in je directe omgeving mensen met risicogedrag.
- Maak met een medeleerling een pakkend videofilmje van een halve minuut om het risicogedrag van deze doelgroep te veranderen.
 - In het belang van de volksgezondheid heeft de overheid het roken in openbare gebouwen verboden. Geef een argument voor en een argument tegen om ook suikerhoudende frisdrank te verbieden.

VARIATIE IN BLOEDDRUK EN STROOMSNELHEID

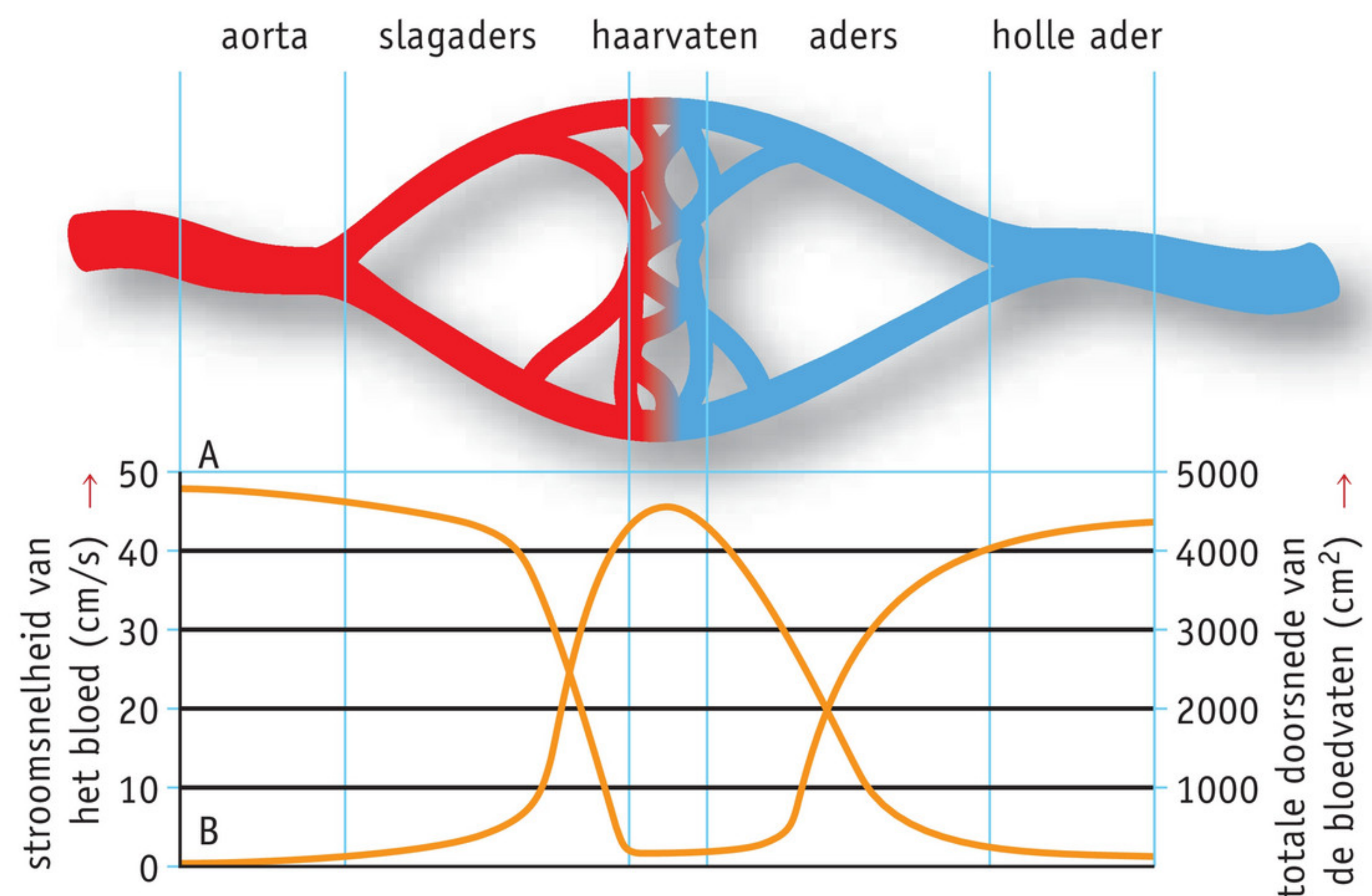
In afbeelding 33 is te zien dat de bloeddruk in een slagader sterk op en neer gaat onder invloed van de hartslagen. De toppen van de grafiek geven de bloeddruk weer tijdens de samentrekking van de hartkamers; de dalen geven de bloeddruk weer tijdens de hartpauze. Tijdens het stromen van het bloed van slagaders via haarvaten naar aders neemt de bloeddruk voortdurend af.

- **Afb. 33** De bloeddruk in verschillende typen bloedvaten (10 kPa = 75 mm Hg).

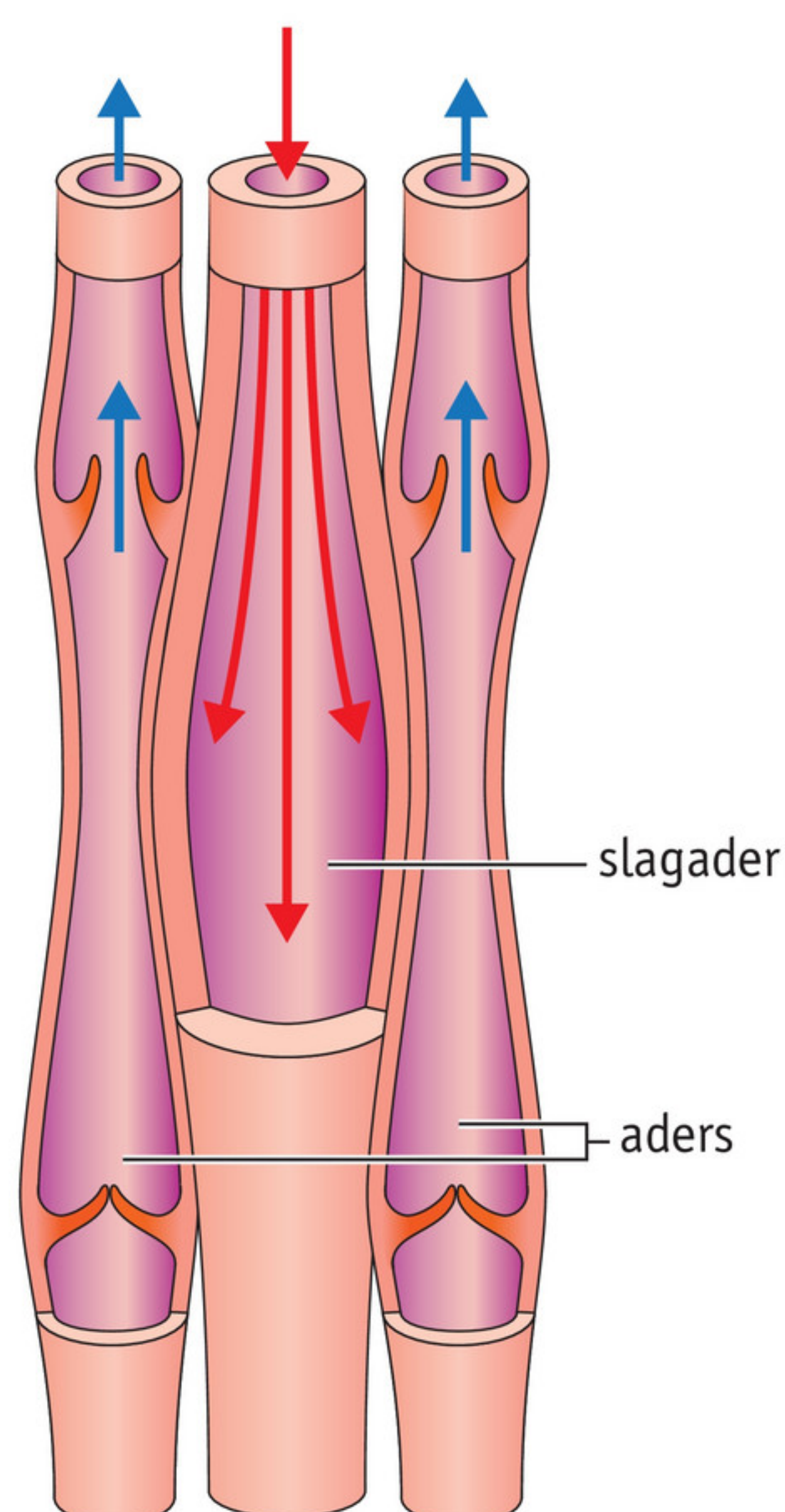


De stroomsnelheid van het bloed varieert (zie afbeelding 34). In de haarvaten is de stroomsnelheid van het bloed het laagst. Dat komt doordat de totale doorsnede van alle haarvaten samen groter is dan die van de aanvoerende slagaders of die van de afvoerende aders. Door de lage stroomsnelheid van het bloed in de haarvaten is een goede uitwisseling van stoffen tussen het bloed en de omringende cellen mogelijk.

- **Afb. 34** Het verband tussen de stroomsnelheid van het bloed en de totale doorsnede bij verschillende typen bloedvaten.



- ▼ **Afb. 35** Stimulering van de bloedstroom in de aders door een naastgelegen slagader.



Als het bloed vanuit de haarvaten naar de aders stroomt, neemt de stroomsnelheid van het bloed weer toe. De bloeddruk neemt dan verder af. In de armen en benen is de bloeddruk in de aders vaak te laag om de bloedstroom op gang te houden. In de beenaders bijvoorbeeld moet het bloed meestal over een grote afstand tegen de zwaartekracht in stromen. In de benen liggen de aders tegen slagaders aan (zie afbeelding 35). Daardoor veroorzaken de kloppende slagaders een stootsgewijze druk op het bloed in de aders. Verder kunnen beenspieren die zich samentrekken het bloed uit een ader wegdrücken. De kleppen voorkomen dat het bloed de verkeerde kant op stroomt.

opdrachten

- 39 Gebruik bij vraag a en b afbeelding 33.

a Hoeveel bedraagt de bovendruk en de onderdruk (in kPa) in het begin van de aorta?
b De gemiddelde bloeddruk neemt af van slagaders naar haarvaten naar aders. Verklaar dat dit drukverloop noodzakelijk is voor de bloedstroming.
c Is de bloeddruk in de longslagader lager dan, gelijk aan of hoger dan de bloeddruk in de aorta? Leg je antwoord uit.
d Door afzetting van cholesterol kunnen bloedvaten nauwer worden. Welk effect heeft vernauwing van slagaders op de bloeddruk? Leg je antwoord uit.
e Welke invloed hebben de volgende veranderingen op de bloeddruk?

1 Plotseling bloedverlies bij een verwonding.
2 Versnelling van het hartritme.
3 Stijging van de osmotische waarde van het bloedplasma.
- 40 In afbeelding 34 zijn twee grafieken getekend: A en B.

a Welke grafiek geeft het verloop van de gemiddelde stroomsnelheid weer?
b De stroomsnelheid van het bloed in de haarvaten is laag. Leg uit dat dit functioneel is.
c Door afzetting van cholesterol kunnen bloedvaten nauwer worden. Welk effect heeft vernauwing van slagaders in een groot deel van het lichaam op de stroomsnelheid van het bloed dat door de skeletspieren stroomt?
- 41 De zintuigcellen voor de bloeddruk liggen in de halsslagaders.

a Leg uit welk belang dit heeft.
b Is de regeling van het hartritme en de bloeddruk via zintuigcellen (sensoren) een voorbeeld van positieve of van negatieve terugkoppeling? Verklaar je antwoord.

▼ Afb. 36

ONDERZOEK		DE INVLOED VAN VITAMINE K2 OP DE VAATELASTICITEIT
Inleiding	Uit onderzoek blijkt dat een laag vitamine K2-gehalte in de vaatwand een ernstige risicofactor is voor overlijden aan hart- en vaatziekten, vergelijkbaar met roken.	
Onderzoeksvraag	Kan toediening van vitamine K2 slagaderverkalking voorkomen?	
Hypothese	Toediening van vitamine K2 kan slagaderverkalking voorkomen.	
Experiment	Honderden vrouwen tussen de 55 en 65 jaar kregen gedurende drie jaar gezuiverd vitamine K2 in lage dosering of een placebo toegediend als voedingssupplement.	
Resultaat	Slagaderverkalking wordt niet alleen gestopt, maar al verstijfde bloedvatwanden worden weer elastischer. Vitamine K2 remt ook de botontkalking bij vrouwen na de overgang.	
Conclusie		

Bron: Maastricht University.

- 42 Het dichtslibben van bloedvaten door afzetting van cholesterol en kalk wordt slagaderverkalking genoemd. Afbeelding 36 beschrijft een onderzoek naar de invloed van vitamine K2 op slagaderverkalking.

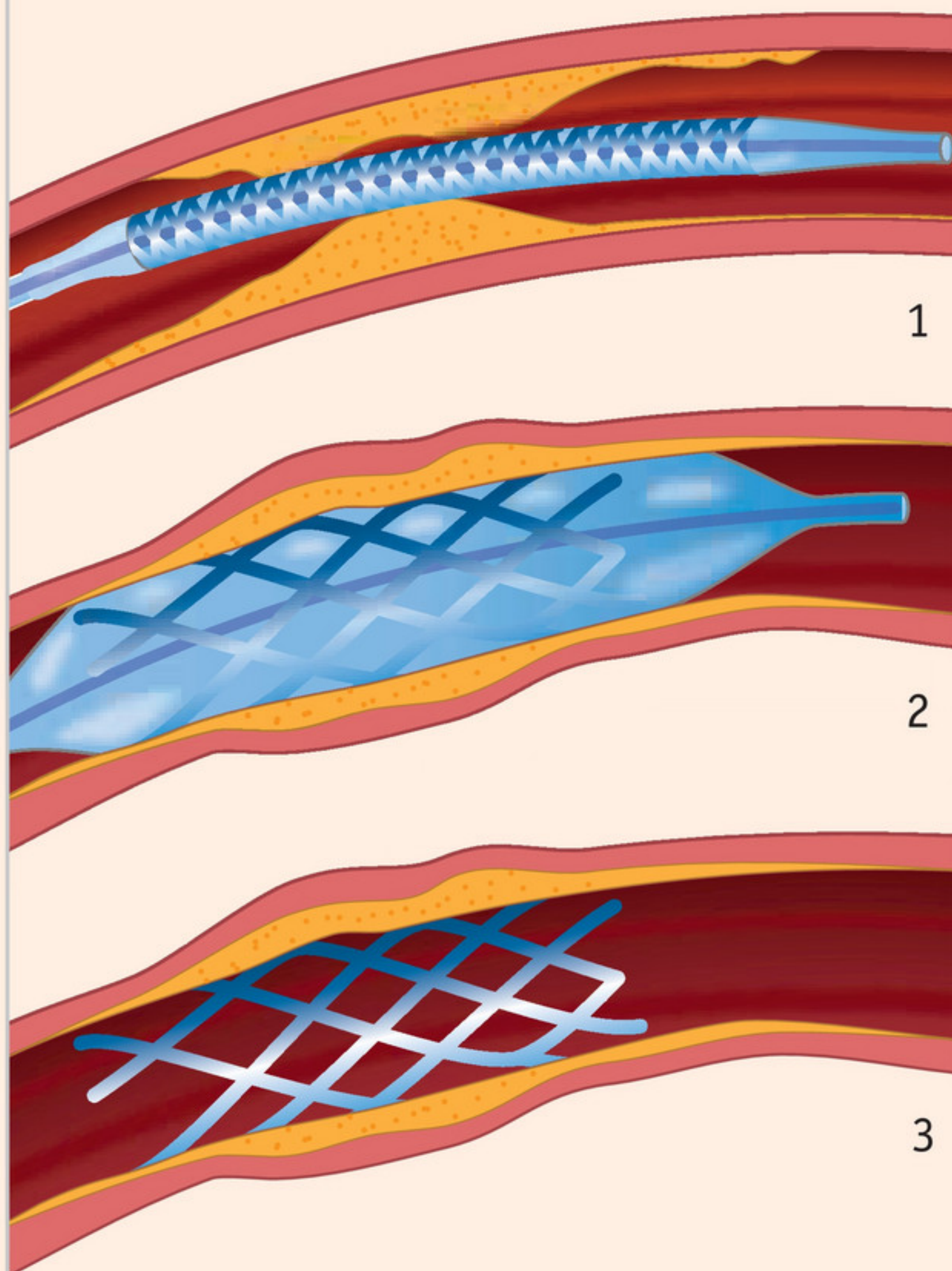
a Verklaar het verband tussen slagaderverkalking en de elasticiteit van bloedvaten.
b Leg uit dat verkalking van aders minder een probleem is dan verkalking van slagaders.
c Waarvoor is het belangrijk dat een grote groep aan een onderzoek meewerkt?
d De controlegroep kreeg een placebo. Leg uit waarom.
e Formuleer de conclusie voor dit onderzoek.

CONTEXT

Leefwereld

Dotteren

▼ **Afb. 37** Plaatsing van een stent in een bloedvat.



Een dotter- en stentbehandeling is een veelvoorkomende behandeling om ernstige vernauwingen in de kransslagaders op te heffen. Het is niet bij alle vernauwingen nodig om te dotteren. Eerst wordt gekeken of behandeling met medicijnen een optie is. Bij vernauwingen van 50 tot 70% overweegt de cardioloog een dotter- en stentbehandeling. Dotteren is een vrij eenvoudige, kostenbesparende en weinig belastende ingreep. Door het dotteren hoeft één op de drie patiënten niet te worden geopereerd.

Bij dotteren schuift de hartchirurg via een sneetje in de lies een slangetje of een buisje door een bloedvat naar het hart van de patiënt (zie tekening 1). Aan het uiteinde van het slangetje zit een ballonnetje. Op de plaats van de vernauwing in de kransslagader wordt het ballonnetje opgepompt (zie tekening 2). De vernauwing wordt dan als het ware weggedrukt. In de meeste gevallen plaatst de hartchirurg ook een stent (zie tekening 3). Een stent is een soort balpenveertje van metaal. De stent geeft de vaatwand extra ondersteuning en voorkomt dat het bloedvat na het dotteren weer terugveert.

opdracht

- 43** Bepaalde leefgewoonten vergroten de kans op vernauwde slagaders.
- Noem vier leefgewoonten die de kans op slagadervernauwing vergroten.
 - Welke drie behandelingen kunnen worden toegepast bij kransslagadervernauwing?
 - Noem drie voordelen van medicijnen boven dotteren.
 - De arts schuift het slangetje via een sneetje in de lies naar het hart. Via welke bloedvaten bereikt het slangetje de kransslagader?
 - Bij meerdere vernauwingen zal eerder een bypassoperatie worden overwogen. Bij een bypass wordt een 'omleiding' om het vernauwde bloedvat gelegd.
Noem twee voordelen van een dotter- en stentbehandeling in vergelijking met een bypassoperatie.



Leerdoelen

- Je kunt de bestanddelen van bloed noemen met hun kenmerken en functies.
- Je kunt het proces van bloedstolling beschrijven en verklaren.

4 Het bloed

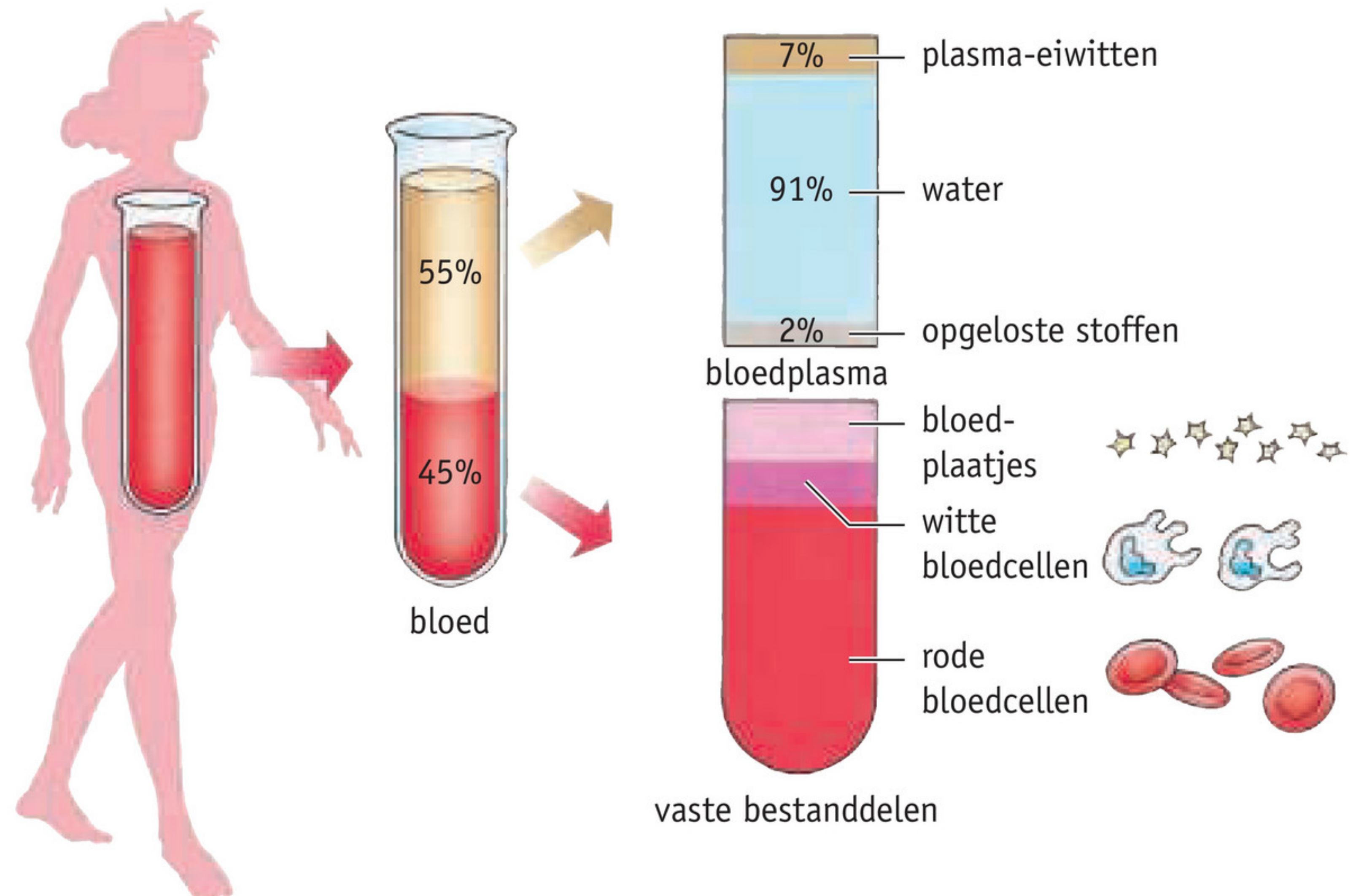
Je bloed is een bijzonder goedje. In de waterige vloeistof lossen bouwstoffen, afvalstoffen, brandstoffen, signaalstoffen en zelfs vetachtige stoffen op. Meedrijvende (delen van) cellen laden en lossen zuurstof, verwijderen indringers en zorgen ervoor dat lekkages worden gedicht.

BLOEDPLASMA

In afbeelding 38 zie je de gemiddelde samenstelling van het bloed van de mens. Ongeveer 55% van het bloed bestaat uit **bloedplasma**: water met opgeloste stoffen en plasma-eiwitten. Bloedplasma vervoert vele stoffen, zoals zuurstof, voedingsstoffen, afvalstoffen, regelende stoffen (bijvoorbeeld enzymen en hormonen) en beschermende stoffen (bijvoorbeeld antistoffen). Sommige van deze stoffen lossen goed op in het bloedplasma, bijvoorbeeld glucose, melkzuur en ureum.

Andere stoffen, waaronder vetten, worden gebonden aan eiwitten in het bloedplasma en op die manier vervoerd. Plasma-eiwitten zijn ook belangrijk bij de handhaving van de osmotische waarde van het bloed en van de bloeddruk. Bloedplasma speelt een rol bij het constant houden van het interne milieu. Bloedplasma heeft een vrij constante temperatuur van ongeveer 38 °C, een pH van ongeveer 7,4 en een osmotische waarde die gelijk is aan die van een 0,9% NaCl-oplossing (een fysiologische zoutoplossing).

► **Afb. 38** Bloedsamenstelling (gemiddeld).



opdrachten

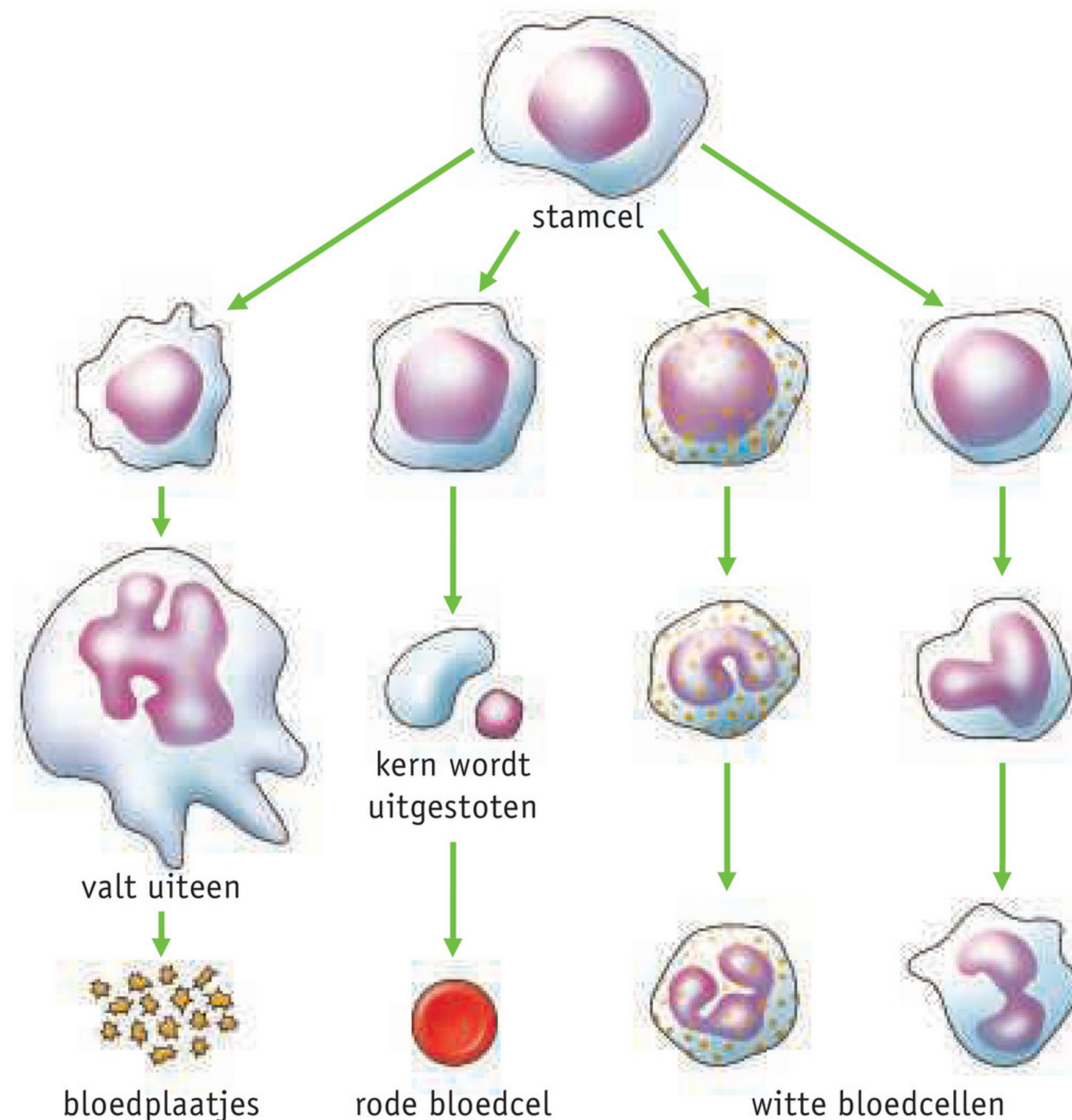
- 44** Bloed vervoert verschillende typen stoffen.
- Noem vijf (groepen) stoffen die door bloedplasma worden vervoerd.
 - Welke vaste bestanddelen komen in bloed het talrijkst voor? En welke het minst talrijk?
 - Vetten zijn niet oplosbaar in water. Op welke manier kan het bloed toch vetten vervoeren?

▼ **Afb. 39** Bloedbezinking.► **Afb. 40** Het ontstaan van verschillende typen bloedcellen en bloedplaatjes (schematisch).

- 45 Afbeelding 39 is een foto van een reageerbuis met bloed. Dit bloed heeft enkele dagen gestaan. Het onderste deel van het bloed in de buis is rood, het bovenste deel lichtgeel.
- Welk bestanddeel van bloed bevindt zich boven in de reageerbuis? En welke bestanddelen bevinden zich onderin?
 - Leg uit hoe het komt dat deze bestanddelen bezinken.

BEENMERG

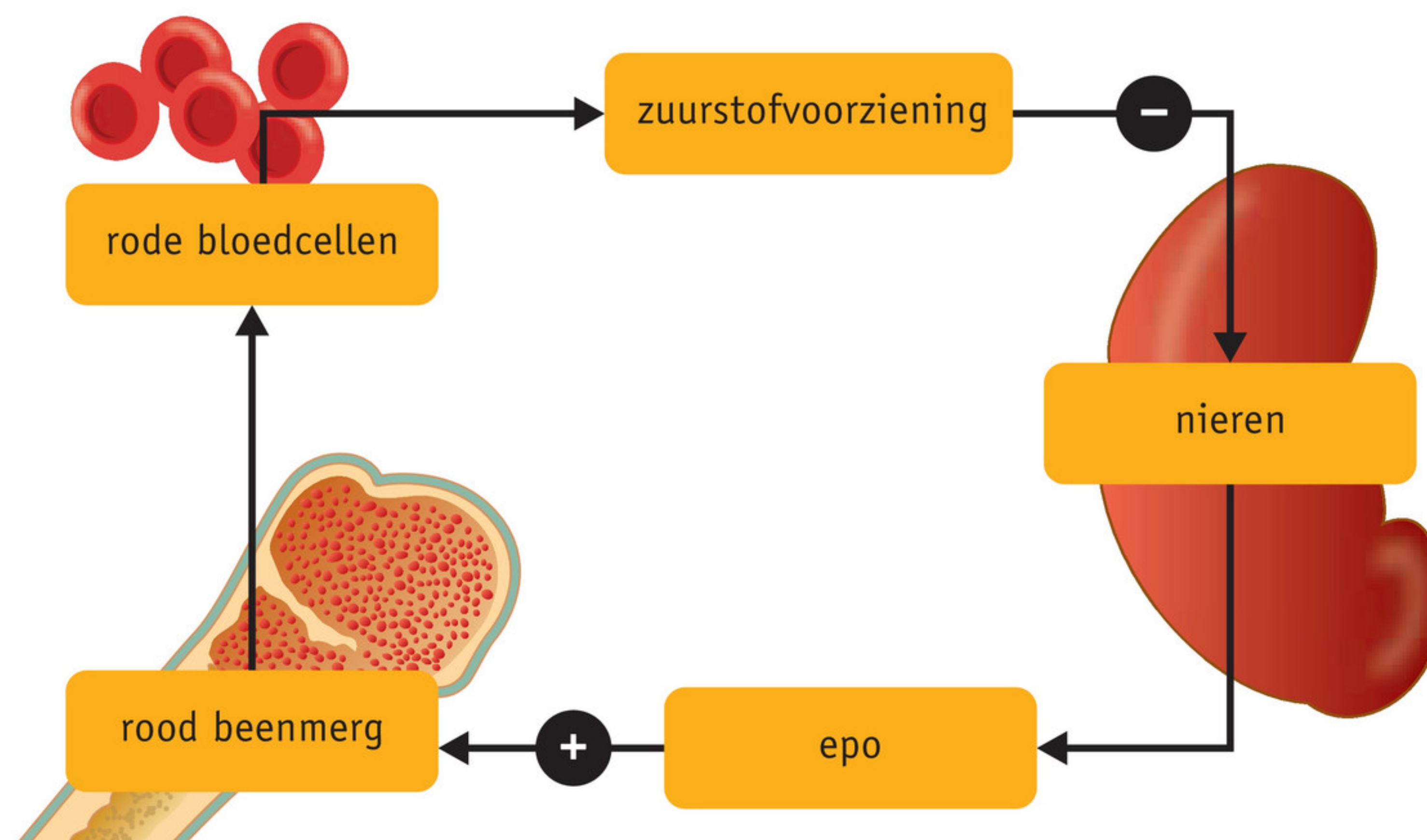
Rode en witte bloedcellen en bloedplaatjes ontstaan uit stamcellen in het rode beenmerg (zie afbeelding 40). Het **rode beenmerg** is een sponsachtig materiaal in de holten van botten, vooral in de wervels, in platte beenderen en in de uiteinden van pijpbeenderen. Naast het rode beenmerg is er geel beenmerg, waarin veel vetcellen zitten.

**RODE BLOEDCELLEN**

Rode bloedcellen hebben de vorm van kleine ronde schijfjes, die in het midden dunner zijn dan aan de rand. Ze hebben geen celkern. Ze leven daardoor betrekkelijk kort: gemiddeld slechts vier maanden. Voortdurend worden in het rode beenmerg uit de stamcellen nieuwe rode bloedcellen gevormd (ongeveer twee miljoen per seconde).

De aanmaak van rode bloedcellen in het rode beenmerg wordt gestimuleerd door het hormoon epo (erytropoëetine), dat wordt geproduceerd door de nieren. Afhankelijk van de zuurstofvoorziening produceren de nieren meer of minder epo (zie afbeelding 43).

- **Afb. 41** Regeling van de aanmaak van rode bloedcellen.



Rode bloedcellen bevatten **hemoglobine** (een eiwitmolecuul) dat de rode kleur aan het bloed geeft. Hemoglobine speelt een rol bij het transport van zuurstof en koolstofdioxide. Hemoglobine bevat ijzeratomen. Bij **bloedarmoede** bevat het bloed niet voldoende hemoglobine.

Dode rode bloedcellen worden afgebroken in het rode beenmerg, in de milt en in de lever. Het ijzer dat bij de afbraak vrijkomt, wordt weer benut bij de aanmaak van nieuwe rode bloedcellen.

opdracht

- 46** Rode bloedcellen zijn niet bolvormig, maar afgeplat en 'ingedeukt'.
- Welk voordeel heeft deze vorm voor het functioneren van de rode bloedcellen?
 - Leg uit dat de wisselwerking tussen de aanmaak van rode bloedcellen en de productie van epo een voorbeeld is van negatieve terugkoppeling (zie afbeelding 41).
 - Synthetische epo werd bij duursporten (vooral bij wielrennen) gebruikt als doping. Verklaar het voordeel van het gebruik van epo voor duursporters.
 - Leg uit dat toediening van epo bij iemand met bloedarmoede niet zal helpen. Gebruik in je antwoord het begrip 'beperkende factor'.

BLOEDPLAATJES

Bloedplaatjes zijn geen cellen, maar delen van uiteengevallen cellen (zie afbeelding 42). Ze vervullen een functie bij de **bloedstolling**, het proces waarbij bloed klontert en hard wordt.

In afbeelding 43 is weergegeven wat er gebeurt als een bloedvat stuk is gegaan. Op verschillende manieren wordt het bloedverlies tegengegaan en wordt de wond zo snel mogelijk gedicht:

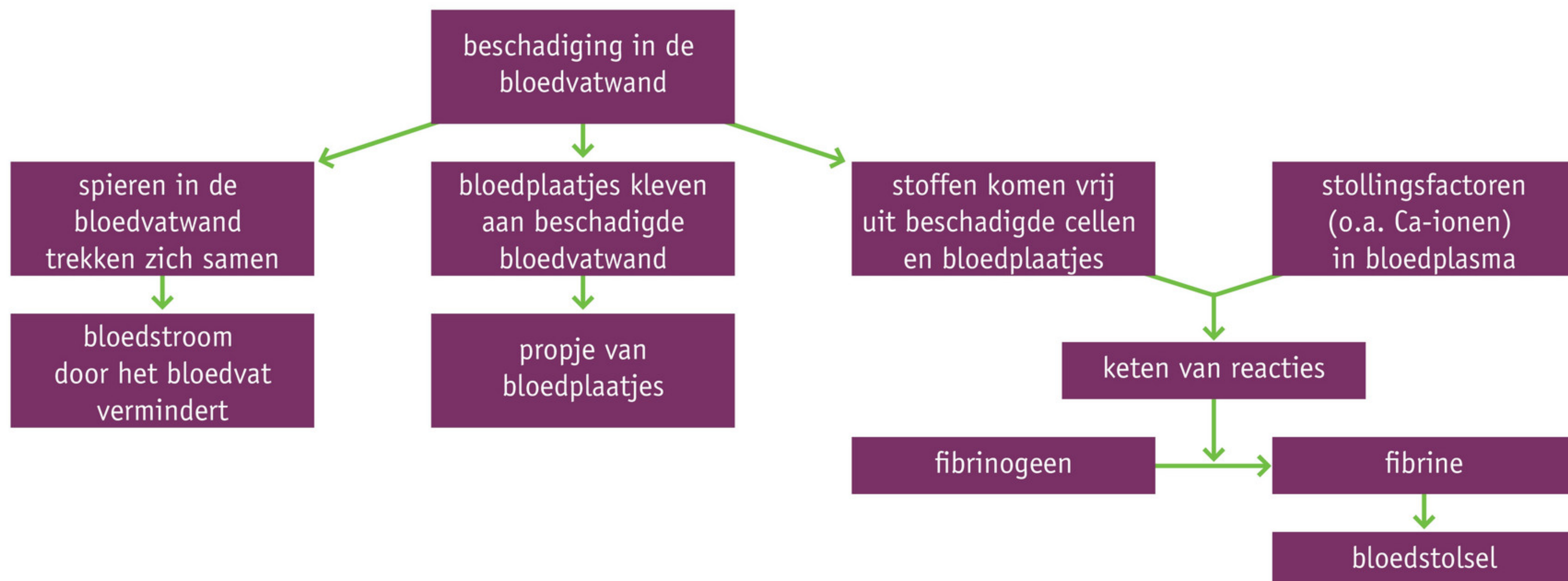
- Spieren in de wand van het bloedvat trekken zich samen, waardoor het bloedvat nauwer wordt. Hierdoor stroomt er minder bloed door het beschadigde bloedvat.
- Aan de beschadigde bloedvatwand blijven bloedplaatjes vastkleven. Hierdoor ontstaat een propje van bloedplaatjes op de plaats van de wond.
- De bloedplaatjes gaan te gronde, waarbij stoffen uit de bloedplaatjes vrijkomen. Ook uit de beschadigde cellen van de bloedvatwand komen stoffen vrij. De vrijkomende stoffen brengen een keten van reacties op gang, die leidt tot het ontstaan van een bloedstolsel.

- ▼ **Afb. 42** Bloedplaatje tussen rode bloedcellen (SEM, vergroting 100 000x).



bloedplaatje

▼ Afb. 43 Het proces van bloedstolling.

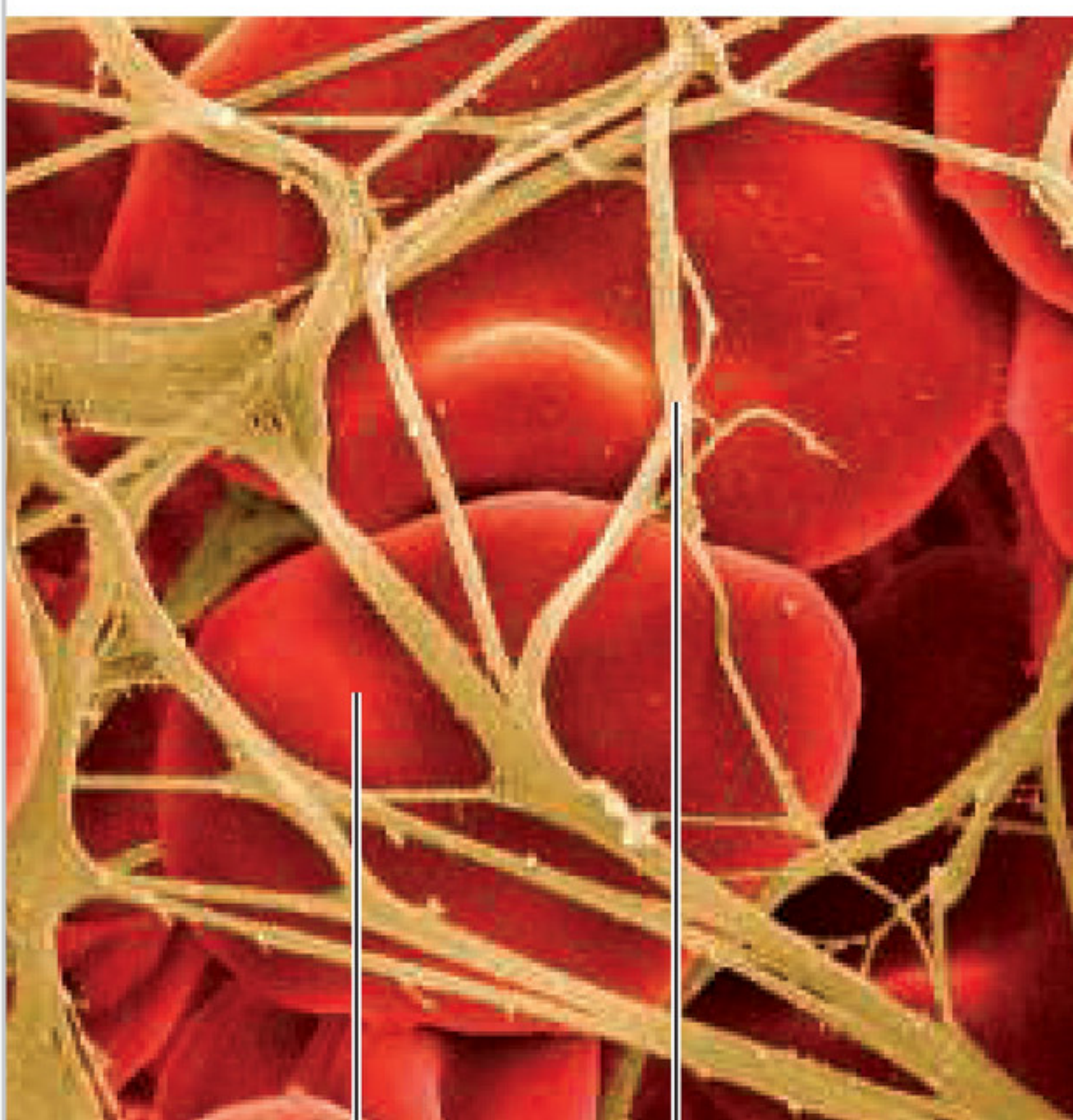


Bij de keten van reacties zijn ook stoffen in het bloedplasma betrokken: het plasma-eiwit **fibrinogeen** en **stollingsfactoren** (onder andere calciumionen). Veel stollingsfactoren worden in de lever gevormd. Hierbij is meestal vitamine K nodig. De keten van reacties leidt ertoe dat fibrinogeen uit het bloedplasma wordt omgezet in **fibrine**. Fibrine vormt een netwerk van draden, waartussen de bloedcellen blijven hangen. Een bloedstolsel begint zich te vormen (zie afbeelding 44).

Aan dit beginnende bloedstolsel blijven steeds meer bloedplaatjes kleven. Deze bloedplaatjes gaan ook te gronde, waardoor de stoffen uit de bloedplaatjes blijven vrijkomen. Het proces van bloedstolling blijft doorgaan tot het bloedstolsel de wond geheel afsluit.

Als het bloedstolsel is gevormd, trekken de fibrinedraden zich samen, waardoor de randen van de wond naar elkaar toe worden getrokken. Uit het stolsel wordt een vloeistof geperst: het **bloedserum**. Bloedserum is bloedplasma zonder fibrinogeen. Door verdere indroging ontstaat uit het bloedstolsel een korstje. Na verloop van tijd worden de fibrinedraden langzaam afgebroken. Het korstje laat dan los. De wond is intussen al genezen.

▼ Afb. 44 Bloedstolsel.



fibrinedraad

rode bloedcel

WITTE BLOEDCELLEN

Witte bloedcellen zijn betrokken bij de afweer tegen ziekten. Ze hebben een celkern, maar geen vaste vorm. Daardoor kunnen ze door de wand van haarvaten heen. Uit de stamcellen in het rode beenmerg kunnen zich verschillende typen witte bloedcellen ontwikkelen. De meeste witte bloedcellen bestrijden bacteriën door deze in te sluiten. Als de witte bloedcellen hierbij zelf doodgaan, ontstaat etter of pus. Daarin komen vrijwel altijd ook nog levende bacteriën voor. Andere witte bloedcellen zorgen ervoor dat na een infectie de resten van dode cellen worden opgeruimd of antistoffen produceren.

►► PRACTICUMOPDRACHT 5

opdrachten

- 47** Neem de tabel over en vul hem in. Gebruik bij deze opdracht je **Binas** (tabel 84I).

	Rode bloedcellen	Witte bloedcellen	Bloedplaatjes
Wel of geen celkern			
Plaats(en) van vorming			
Functie(s)			

- 48 a** Witte bloedcellen kunnen hun functie ook buiten de bloedvaten vervullen. Door welke eigenschap van de witte bloedcellen kan dat?
- b** Etter of pus ontstaat doordat er witte bloedcellen doodgaan bij het insluiten van bacteriën. Waarom moet je voorzichtig zijn met etter of pus?
- 49 a** Bij een harde stoot, bijvoorbeeld tegen de oogkas, komt er bloed tussen de weefselcellen. Door bloedstolling ontstaat een blauwe plek die later geel en groen wordt. Welke stof wordt op de beschadigde plaats bij het stollen van het bloed gevormd?
- b** Bij bloederziekte (hemofilie) ontbreekt een bepaalde stollingsfactor in het bloed. Leg uit waardoor bij iemand met bloederziekte het bloed niet goed stolt.
- c** Een blauw oog verkleurt doordat een bepaalde stof uit de rode bloedcellen wordt afgebroken. Welke stof is dat?
- d** Een bloedstolsel verdwijnt na enige tijd, doordat bepaalde bloedbestanddelen het stolsel en de omringende cellen opruimen. Welke bloedbestanddelen zijn dat?
- e** Bij mensen (en zoogdieren) komen voortdurend kleine inwendige bloedingen voor. Door bloedstolling stoppen deze bloedingen. Sommige rattenverdelgingsmiddelen bevatten stoffen die bloedstolling tegengaan. Welke gevolgen heeft het eten van zo'n verdelgingsmiddel voor een rat?
- 50** Een onderzoeker vult drie reageerbuizen met gelijke hoeveelheden vloeistof, afkomstig van dezelfde persoon. Buis 1 bevat bloed, buis 2 bloedplasma en buis 3 bloedserum. De buizen worden verhit totdat al het water is verdampt en er alleen droge stof overblijft.
- a** Welke buis bevat de grootste hoeveelheid droge stof? Leg je antwoord uit.
- b** Welke buis bevat de kleinste hoeveelheid droge stof? Leg je antwoord uit.

CONTEXT

Wetenschap

Blauw bloed

▼ **Afb. 45** Blauw bloed uit degenkrabben.



Niet alle dieren hebben rood bloed. Het bloed van het hagedissengeslacht skink (*Prasinohaema*) op Nieuw-Guinea is groen door galkleurstof. De ruim dertig soorten krokodilijsvissen van de familie *Channichthyidae* hebben kleurloos (transparant) bloed. Het gemis aan hemoglobine wordt gecompenseerd door een groter hart, meer bloed, een dichter bloedvatennetwerk en het ontbreken van schubben. In het ijskoude water rond de Zuidpool lost zuurstof goed op. Het bloed van inktvissen en degenkrabben (*Limulus polyphemus*) is blauw. Dat komt door de in het plasma opgeloste kleurstof hemocyanine. In plaats van ijzer zit er koper in dit zuurstofbindend eiwit. Degenkrabbloed wordt op grote schaal gebruikt voor de controle van medische apparatuur op besmetting met bacteriën. Het bloed bevat namelijk een stof die reageert op bacteriën en daarbij een bloedprop vormt. Daarvoor wordt jaarlijks bij zo'n half miljoen krabben bloed afgetapt (zie afbeelding 45). Na deze 'blauwbloeddonatie' worden de krabben weer teruggezet in de natuur. Ook bij mensen komen trouwens families voor met blauw bloed. Maar bij donatie is dit bloed gewoon rood.

opdrachten

- 51 In de tekst worden verschillende niveaus van ordening genoemd.
 - a Rangschik de niveaus familie, geslacht en soort in de juiste volgorde van klein naar groot.
 - b Tot welk geslacht behoort de degenkrab?
- 52 Verschillende stoffen geven kleur aan het bloed.
 - a Welke drie kleurstoffen veroorzaken de rode, blauwe en groene bloedkleur?
 - b Wat is de functie van de rode en de blauwe stof in bloed?
 - c Ijssvissen hebben nauwelijks kleurstof in hun bloed. Hun bloed is transparant.
Noem twee redenen waarom de antarctische ijssvissen geen zuurstofbindend eiwit nodig hebben.
 - d De ijsvis heeft aanpassingen zoals een relatief groot hart, een dicht haarvatennetwerk en een dicht bloedvatennetwerk.
In welke situatie zijn deze aanpassingen vooral van belang?
 - e Het ontbreken van schubben kan ook helpen bij de zuurstofvoorziening van de ijsvis. Leg dat uit.
- 53 a Medische gebruiksupparatuur wordt gecontroleerd op besmetting met bacteriën.
Leg uit dat dit belangrijk is.
 - b In het blauwe bloed van de degenkrab bevinden zich amoebocyten die bacteriën efficiënt onschadelijk maken.
Met welke cellen in het bloed van mensen komen deze amoebocyten overeen?
 - c Verklaar dat van bepaalde mensen wordt gezegd dat ze 'blauw bloed' hebben.

Leerdoel

- Je kunt de kenmerken en functies van weefselvloeistof en lymfe noemen.

5 Weefselvloeistof en lymfe

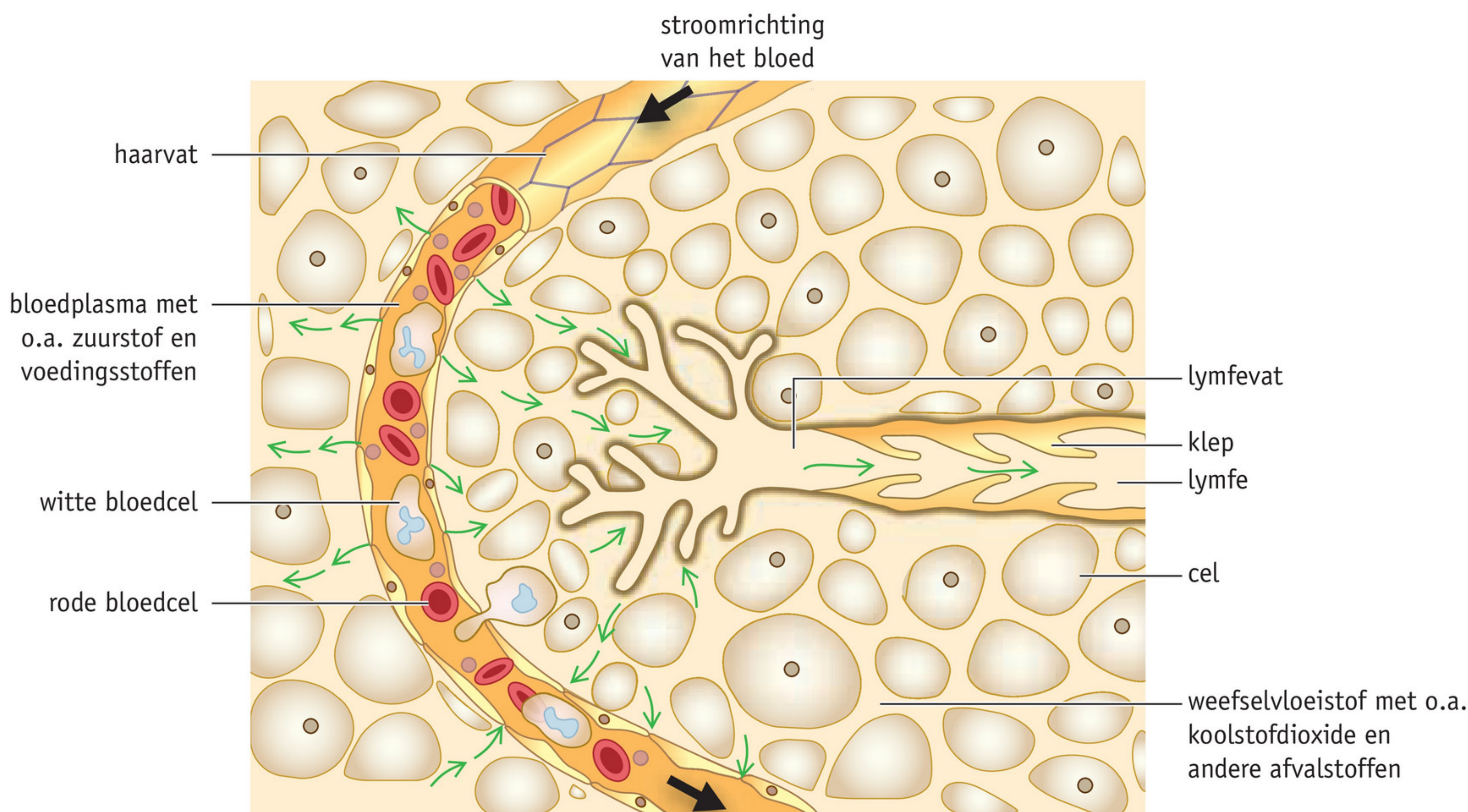
Door nauwe bloedvaatjes doorkruist het bloed de weefsels. Plasma met opgeloste stoffen vloeit door gaatjes in de haarvatwand naar de weefselcellen. Door een doolhof van celtussenruimten slalomt de weefselvloeistof terug naar een haarvat of naar een 'afvoerputje'.

AANVOER VAN WEEFSELVLOEISTOF

Aan het begin van een haarvat is de bloeddruk hoger dan de druk in het omliggende weefsel. Hierdoor wordt een deel van het bloedplasma naar buiten geperst. Dit vocht bevat onder andere zuurstof, voedingsstoffen, hormonen en kleine plasma-eiwitten (onder andere antistoffen). Eenmaal in het weefsel buiten de haarvaten wordt dit vocht **weefselvloeistof** genoemd. Ook witte bloedcellen kunnen de haarvaten verlaten en in weefselvloeistof voorkomen. Rode bloedcellen en grote plasma-eiwitten kunnen de haarvaten niet verlaten.

Weefselvloeistof bevindt zich tussen de cellen van de weefsels (zie afbeelding 46). Cellen nemen door diffusie voedingsstoffen en zuurstof op uit de langsstromende weefselvloeistof. Koolstofdioxide diffundeert in tegengestelde richting. Ook door actief transport nemen cellen via de celmembranen voedingsstoffen op vanuit de weefselvloeistof.

▼ **Afb. 46** Stroming van vloeistof tussen haarvat, weefsel en lymfevat (schematisch).

**AFVOER VAN WEEFSELVLOEISTOF**

De wand van een haarvat is doorlaatbaar voor water en opgeloste stoffen met kleine moleculen. Doordat grote eiwitmoleculen de haarvaten niet kunnen verlaten, is de osmotische waarde van het bloedplasma hoger dan die van de weefselvloeistof.

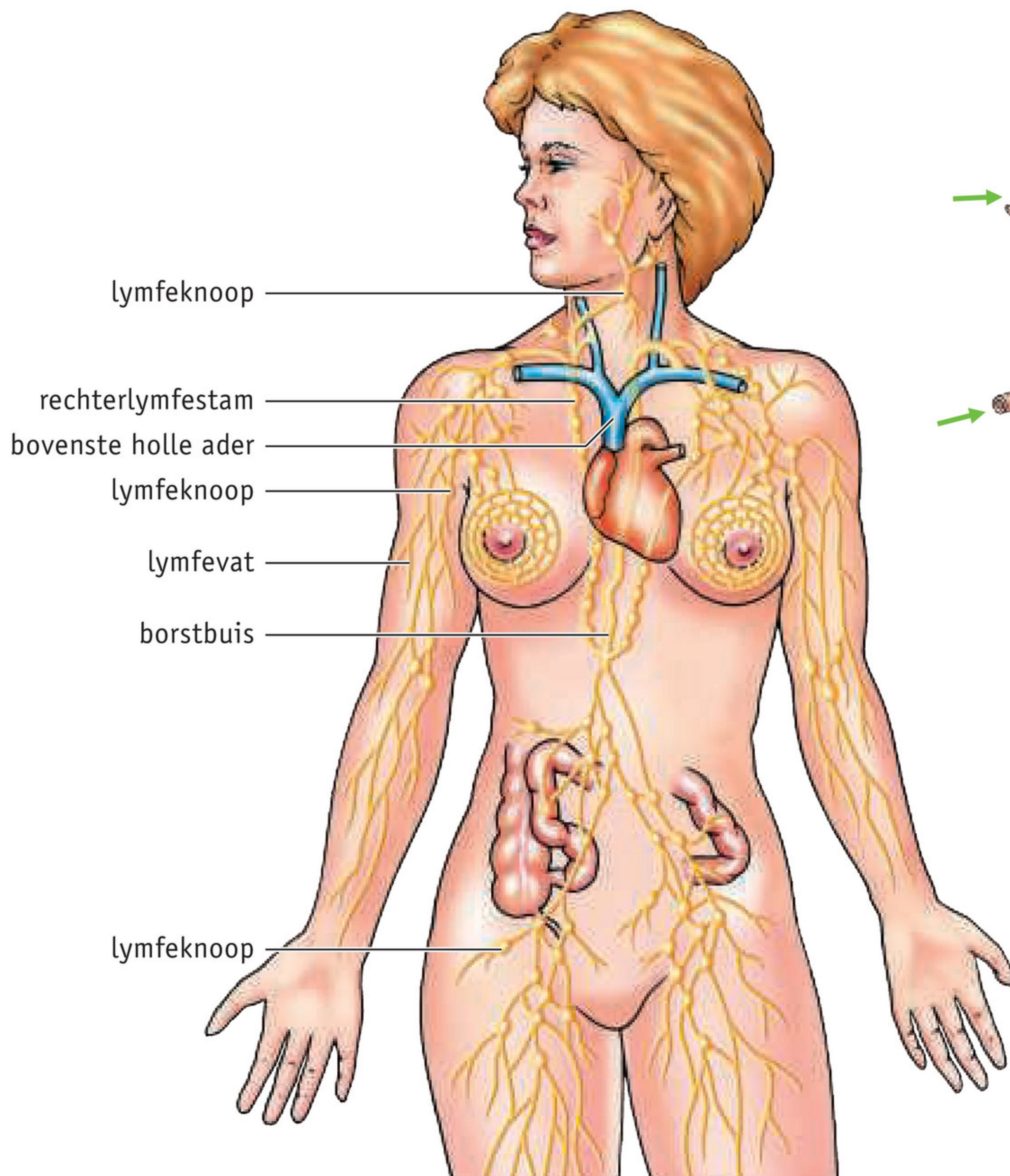
Aan het begin van de haarvaten is de bloeddruk zó hoog dat plasma uit de haarvaten treedt. Aan het eind van de haarvaten is de bloeddruk sterk gedaald.

Door de lagere bloeddruk en de hogere osmotische waarde van het bloedplasma wordt aan het eind van de haarvaten weefselvloeistof in de haarvaten opgenomen. Dit vocht bevat onder andere koolstofdioxide en andere afvalstoffen, die door de cellen zijn geproduceerd.

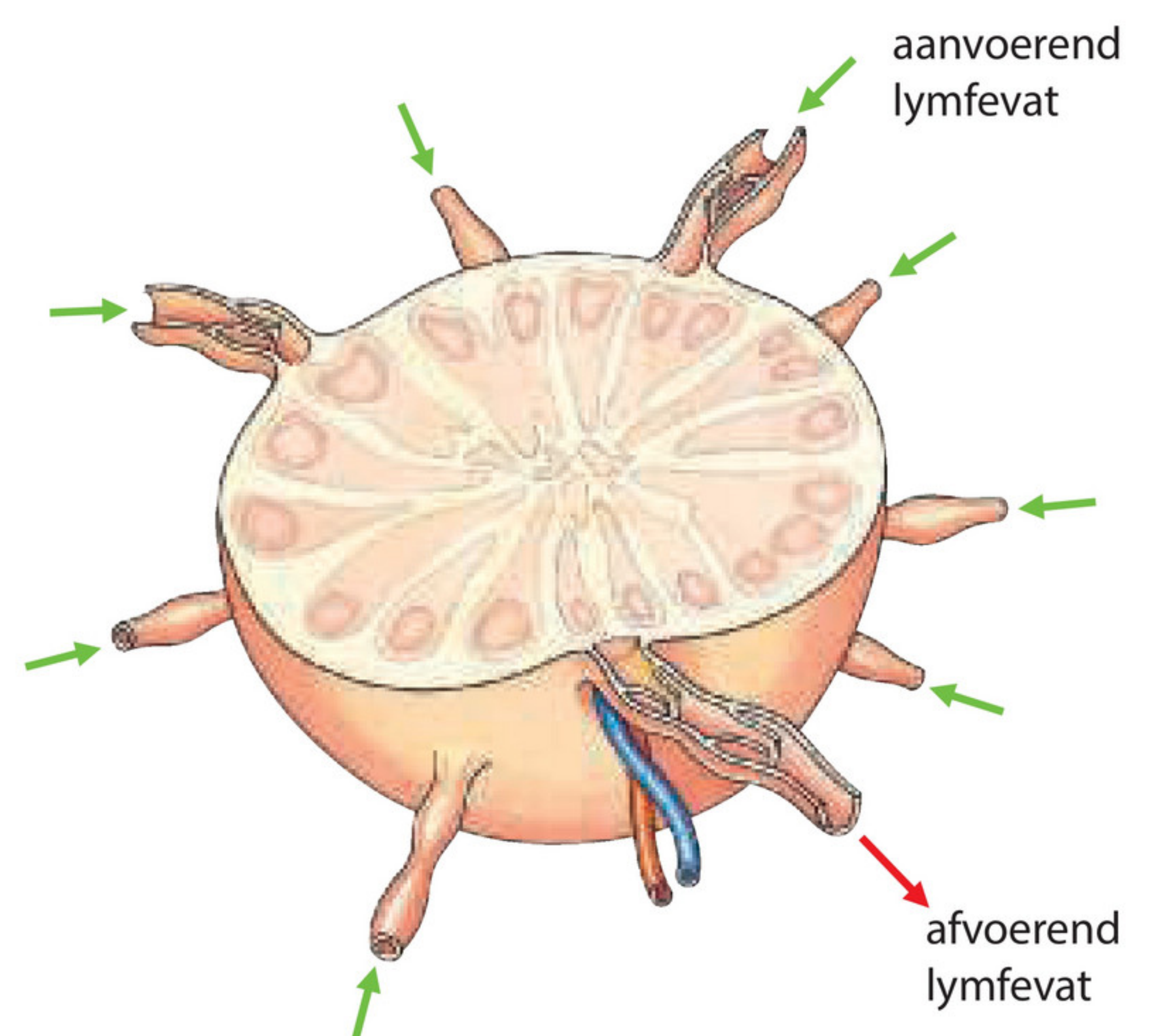
Niet al het uitgetreden vocht komt op deze manier terug in de haarvaten. Overtollige weefselvloeistof wordt opgenomen in fijne **lymfevaten** en wordt dan **lymfe** genoemd. Lymfe bevat onder andere koolstofdioxide en andere afvalstoffen, hormonen, antistoffen en een deel van de zuurstof en voedingsstoffen die niet door de cellen zijn opgenomen. In lymfe kunnen ook witte bloedcellen voorkomen. Kleppen in de lymfevaten zorgen ervoor dat de lymfe maar in één richting stroomt (zie afbeelding 46). Samentrekkingen van spieren die vlak bij een lymfevat liggen, zorgen voor de stroming van lymfe.

De lymfevaten maken deel uit van het **lymfesysteem** (zie afbeelding 47). De fijne lymfevaten verenigen zich tot grotere lymfevaten. Uiteindelijk komt alle lymfe terecht in twee grote lymfevaten: de **rechterlymfestam** en de **borstbuis**. Deze twee lymfevaten monden beide uit in aders die onder de sleutelbeenderen liggen. In het lymfesysteem liggen **lymfeknopen (lymfeklieren)**, onder andere in de hals, de oksels en de liezen (zie afbeelding 47 en 48). In de lymfeknopen bevinden zich lymfocyten (een type witte bloedcel) en wordt de lymfe gezuiverd van onder andere ziekteverwekkers.

▼ Afb. 47 Het lymfesysteem.



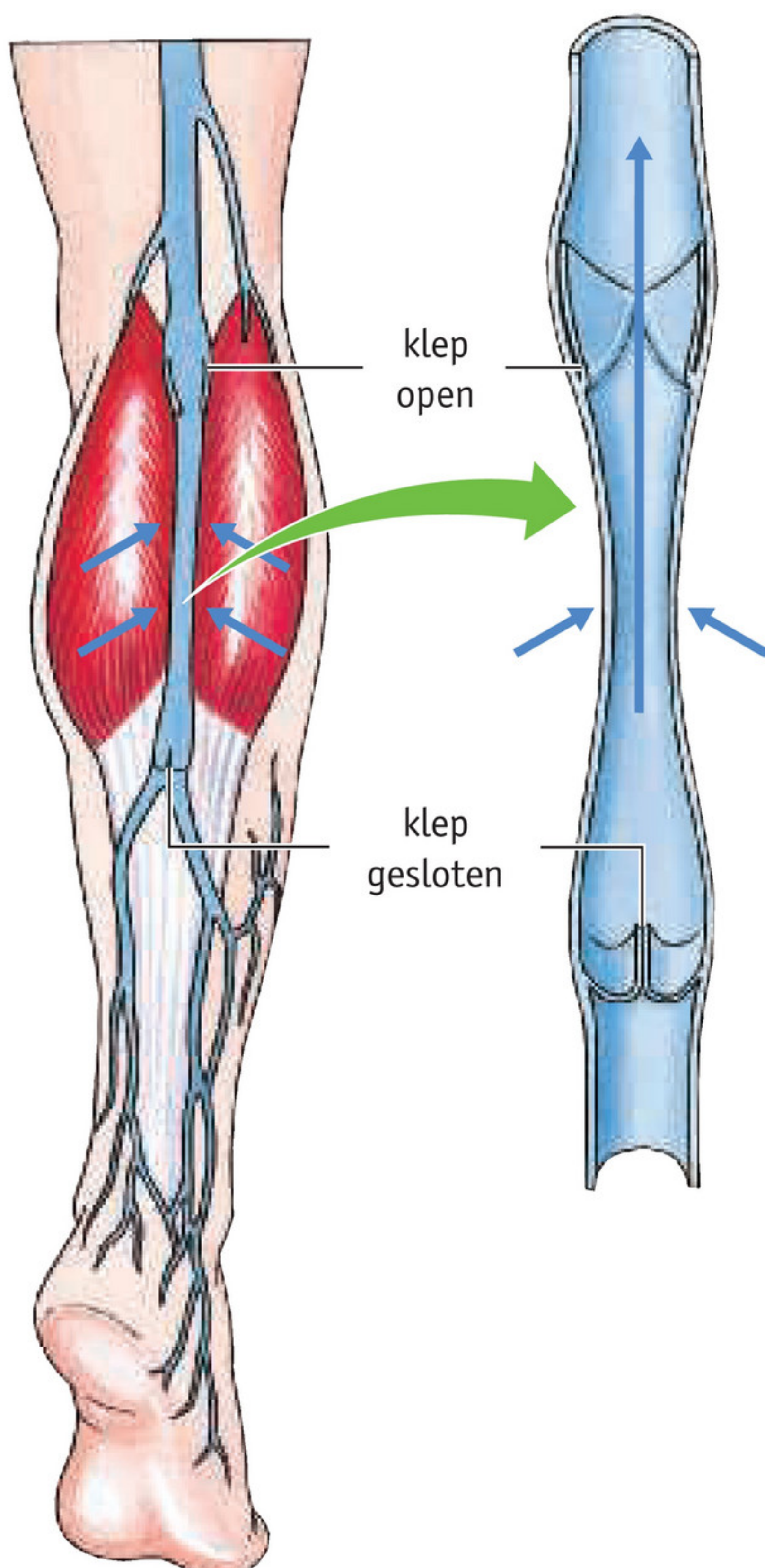
▼ Afb. 48 Lymfeknoop (schematische doorsnede).



▼ Afb. 49 Oedeem.



▼ Afb. 50 Vloeistofstroming in aders en lymfevaten (schematisch).



Bij een **oedeem** hoopt weefselvloeistof zich op in de weefsels (zie afbeelding 49). Dit kan verschillende oorzaken hebben. Na een infectie bijvoorbeeld kan door het afsterven van cellen de concentratie eiwitten in de weefselvloeistof stijgen. De eiwitconcentratie in het bloed kan ook te laag zijn. Door infectie met parasieten kunnen de lymfevaten verstopt raken. Ten slotte kan ook een te hoge bloeddruk oedeem veroorzaken.

opdrachten

- 54 De benaming van lichaamsvocht wordt bepaald door de plaats waar het zich bevindt.
Iemand die een lange wandeling maakt op slecht passende schoenen, loopt de kans blaren te krijgen. In een blaar bevindt zich helder, kleurloos vocht.
- Hoe heet het vocht dat zich in een blaar bevindt?
 - Kunnen in dit vocht bloedcellen voorkomen? Zo ja, welke?
- 55 De uitwisseling van vocht tussen bloedplasma en weefselvloeistof wordt bepaald door verschillende krachten.
- Welke 'kracht' in het begin van de haarvaten veroorzaakt het uittreden van plasma?
 - Welke kracht verderop in de haarvaten veroorzaakt het terugstromen van weefselvloeistof in de haarvaten?
 - Bij een experiment laat men de bloeddruk in een bepaald haarvat plotseling toenemen.
Hoe verandert daardoor de hoeveelheid vocht die uit dit haarvat treedt?
 - Hoe verandert het verschil in osmotische waarde tussen de weefselvloeistof en het bloedplasma in dit haarvat hierdoor? Leg je antwoord uit.
 - In de longhaarvaten vindt vrijwel geen uittreden van vocht plaats.
Leg uit hoe dit komt en welk belang dit heeft.
 - Ondervoede kinderen hebben vaak opgezwollen buikjes. Deze kinderen lijden aan hongeroedeem, dat wordt veroorzaakt door een gebrek aan eiwitten in het voedsel.
Leg uit hoe het opzwellen van de buikjes ontstaat.
- 56 Een tatoeage verbleekt na een aantal jaren. Bij iemand met een tatoeage op de rechterarm ontstaat na enige jaren een donkere vlek in zijn rechteroksel. Leg uit waardoor de vlek ontstaat.
- 57 Bij mensen die lang stilzitten, kan vochtophoping plaatsvinden rond de enkels.
Verklaar met behulp van afbeelding 50 dat dit weefselvocht vaak verdwijnt door te wandelen.

CONTEXT

Beroep

Oedeemfysiotherapeut

▼ **Afb. 51** Dominique Apers.



Dominique Apers heeft de opleiding fysiotherapie gedaan aan de HZ University of Applied Sciences. Na een periode van waarnemen en een vast dienstverband begon hij een centrum voor fysiotherapie en wellness in Zeeuws-Vlaanderen. Hij werkt daar samen met andere fysiotherapeuten met specialisaties in onder andere oncologie, phystrac (carpaaltunnelsyndroom), shockwavetherapie, endermologie en neurologische ziektebeelden, zoals de ziekte van Parkinson en multiple sclerose. Een van de specialisaties is oedeemtherapie. Lymfoedeem ontstaat na beschadiging, verstopping of verwijdering van lymfeklieren. Bij de behandeling van lymfoedeem maakt Dominique onder meer gebruik van manuele lymfedrainage, oedeem- en fibrosegrepen, compressietherapie en bewegings- en ademhalingsoefeningen.

Dominique vindt het belangrijk om het niveau van de gezondheidszorg in de regio op peil te houden. Daarom heeft hij bijvoorbeeld allerlei apparaten voor de toepassing van specialistische therapieën aangeschaft en is hij mede-initiatiefnemer van verschillende samenwerkingsverbanden in de regio. Daarnaast is Dominique lid van het Koninklijk Nederlands Genootschap voor Fysiotherapie (KNGF) en aangesloten bij de Nederlandse Vereniging voor Fysiotherapie binnen de Lymfologie en Oncologie (NVFL).

opdrachten

- 58 a** Lymfoedeem begint met een gevoel van spanning in de huid door de zwelling van bijvoorbeeld arm of been.
Leg uit dat oedeem gemakkelijk kan ontstaan in een arm of been.
- b** Vaak treedt lymfoedeem op na een ernstige beschadiging van de lymfevaten of lymfeklieren als gevolg van een operatie of bestraling (radiotherapie). Leg dat uit.
- c** Als oedeemfysiotherapeut maakt Dominique gebruik van verschillende technieken. Zoek op wat het effect is van de technieken manuele lymfedrainage, lymfetaping en oedeem- en fibrosegrepen.
- 59** Dominique is aangesloten bij verschillende beroepsorganisatie(s).
a Leg uit wat daarvan het belang is voor een beroepsbeoefenaar.
b Dominique volgde zijn opleiding aan de HZ University for Applied Sciences. Zoek op internet nog vier andere hbo-opleidingen rond beweging van de mens. Noteer bij elke studierichting wat je leert, welk(e) beroep(en) je daarna kunt uitoefenen en bij welk (soort) bedrijf je kunt gaan werken.
c Zou een opleiding tot fysiotherapeut iets voor jou kunnen zijn? Of een van de andere opleidingen rond beweging? Licht je antwoord toe.

Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.

- Doe online de verrijkingsstoffen, flitskaarten en Test Jezelf.
- Ga in het boek verder met de Samenhang en de Examentrainer.

Leerdoelen

- Je kunt het verschijnsel blozen toelichten voor verschillende organisatieniveaus van de biologie.
- Je kunt de biologische vakvaardigheden evolutionair denken, systeemdenken en vorm-functiedenken toepassen op het verschijnsel blozen.

Blozen maakt aantrekkelijk

In ongemakkelijke situaties kunnen kringspiertjes rondom zijtakjes van slagaders ontspannen, waardoor er plotseling meer bloed stroomt door de talrijke bloedvaatjes vlak onder de huid. Je wangen worden rood en je bloost. Die kringspiertjes in je wangen en hals worden aangestuurd door het autonome zenuwstelsel. Adrenerge receptoren van de spiercellen reageren op de afgifte van neurotransmitters.

Blozen komt alleen bij mensen voor. Charles Darwin vroeg zich al af wat de functie ervan is. Hij stuurde brieven naar collega's en missionarissen over de hele wereld om erachter te komen of blozen in alle culturen voorkomt. Hij concludeerde dat alle mensen schaamte kennen en dat we onze omgeving via het blozen ongewild op deze gevoelens wijzen. Bioloog en hoogleraar psychologie Frans de Waal stelt het zo: 'We zijn door de evolutie voorzien van een anatomie die het moeilijk maakt anderen voor de gek te houden.'

► **Afb. 1** Blozen.



De mens is een op samenwerking gerichte soort met een moreel bewustzijn. Door te blozen laat je iets van jezelf zien, zoals schaamte of verlegenheid. Blozen is daarmee een signaal dat iemand zich bewust is van normen en waarden en van anderen. Dat maakt blozende mensen tot betrouwbare en aantrekkelijke soortgenoten. Voor blozen hoef je je dus niet te schamen.

Degenen die de pech hebben om van nature niet te blozen, kunnen altijd nog een 'blush of rouge' aanbrengen om er blozender uit te zien.

Bron: De blozende aap, *Psychologie magazine* juli 2012, Frans de Waal.

opdrachten

- 1 Neem de tabel over en vul de begrippen in bij het juiste organisatieniveau. Kies uit: *adrenerge receptor – autonome zenuwstelsel – bloedvaatje – blozende mens – Charles Darwin – collega – kringspiertje – mensen – missionaris – neurotransmitter – slagader – soortgenoten – spiercel.*

Organisatie-niveau	Begrip
Biosfeer	-
Ecosysteem	-
Populatie	
Organisme	
Orgaanstelsel	
Orgaan	
Cel	
Molecuul	

- 2 a Van welk type vaten zijn de talrijke bloedvaatjes vlak onder de huid?
b Behoren de kringspiertjes tot het gladde of dwarsgestreepte spierweefsel?
- 3 Adrenerge receptoren zijn gevoelig voor adrenalineachtige stoffen.
a Hoe heten de stoffen die zorgen voor de overdracht van de impuls van de zenuwuiteinden naar de kringspiercellen?
b Welk effect heeft het vrijkomen van adrenaline op het lichaam?
c Wordt het ontspannen van de kringspiertjes veroorzaakt door het parasympathische of orthosympathische deel van het autonome zenuwstelsel?
d Welke andere functie kan het ontspannen van de kringspiertjes rondom haarvaatjes in de huid hebben voor je lichaam?
e Zal bij een schrikreactie (fright, fight, flight) en het vrijkomen van adrenaline meer of juist minder bloed naar de huid gaan?
- 4 a Leg uit dat blozen een handeling is die valt onder sociaal gedrag.
b Blozen is niet of nauwelijks te onderdrukken. Verklaar dat.
c Leg uit dat blozen de fitness van de blozer vergroot.
d Is blozen erfelijk of aangeleerd?
e Welk signaal wil iemand geven die een 'blush of rouge' aanbrengt op de jukbeenderen?

practicumopdracht 1

MATERIAAL

- klaargemaakte preparaten van een dwarsdoorsnede van de stengel en van een dwarsdoorsnede van een jonge wortel van een boterbloem of andere kruidachtige plant
- een microscoop
- tekenmateriaal

practicumopdracht 2

MATERIAAL

- een vers hart van een schaap of varken met daaraan delen van aansluitende bloedvaten
- prepareermateriaal, waaronder een snijbord, glasstaaf en scalpel
- tekenbenodigdheden

Practica

Bouw van een stengel en een wortel

►► BASISSTOF 1

In deze practicumopdracht bekijk en teken je een dwarsdoorsnede van een stengel van een kruidachtige plant en de dwarsdoorsnede van een wortel.

Je gebruikt een klaargemaakt preparaat van een boterbloem of andere kruidachtige plant.

METHODE

- Bekijk de preparaten eerst bij een vergroting van 100×.
- Maak een schematische overzichtstekening van een deel van de dwarsdoorsnede van de stengel, waarin dekweefsel (epidermis of opperhuid), vaatweefsel en vulweefsel te zien zijn. Benoem de delen.
- Bekijk de vaatbundels van de stengel bij een vergroting van 400× en maak hier een tekening van. Geef in je tekening bastvaten, houtvaten en vulweefsel aan.
- Bekijk het wortelpreparaat bij een vergroting van 40×. Maak een schematische overzichtstekening en zet de namen bij de delen.
- Bekijk de centrale cilinder van de wortel bij een vergroting van 100× en maak er een tekening van. Zet de namen bij de delen.

RESULTAAT

- Een overzichtstekening van de stengel waarin de epidermis, vaatbundels en vulweefsel zijn aangegeven en een detailtekening van de stengel waarin de bastvaten, houtvaten en vulweefsel zijn aangegeven.
- Een overzichtstekening van de wortel met daarin aangegeven: cambium, centrale cilinder, endodermis, epidermis (opperhuid) en een detailtekening van de centrale cilinder van de wortel waarin houtvaten en bastvaten zijn aangegeven.

Bouw van een zoogdierhart

►► BASISSTOF 2

De bouw van een zoogdierhart heeft veel overeenkomsten met de bouw van een mensenhart. In deze practicumopdracht onderzoek je de uitwendige en inwendige bouw van een zoogdierhart.

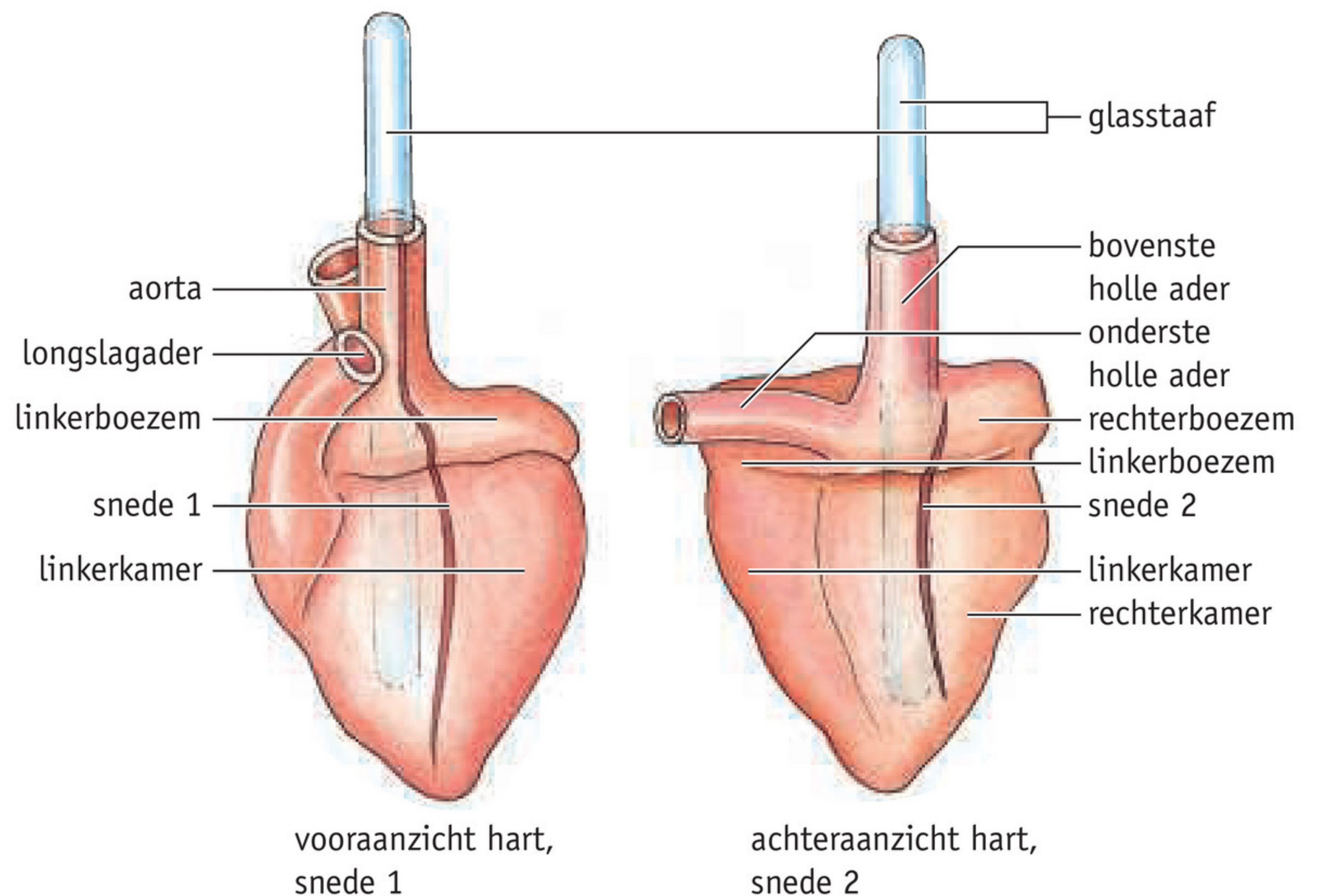
METHODE

- Verwijder zo nodig het vet rondom het hart.
- Maak een tekening van het buitenaanzicht van de voorzijde van het hart. Noteer de namen van de hartdelen en de bloedvaten.
- Plaats de glasstaaf door de aorta tot in het onderste puntje van de linkerkamer. Snijd langs deze lijn voorzichtig de aorta, de linkerboezem en de linkerkamer open (zie afbeelding 1).
- Maak een tekening van de binnenzijde van het linkergedeelte van het hart. Noteer de namen van de hartdelen en de bloedvaten.
- Keer het hart om, zodat je de achterkant van het hart kunt zien. Plaats de glasstaaf door de bovenste holle ader tot in het onderste deel van de rechterkamer. Snijd langs de staaf voorzichtig de bovenste holle ader, de rechterboezem en de rechterkamer open.
- Maak een tekening van de binnenzijde van het rechter gedeelte van het hart. Noteer de namen van de hartdelen en de bloedvaten.

- **Afb. 1** Buitenaanzichten van het hart met sneden (schematisch).

RESULTAAT

Tekeningen met namen van het buitenaanzicht en van de binnenzijde van het linker- en het rechtergedeelte van het hart.



practicumopdracht 3

MATERIAAL

- een klok of horloge met secondeaanduiding

- ▼ **Afb. 2** Plaatsing van de vingertoppen aan de pols.



De hartslagfrequentie bepalen

► BASISSTOF 2

De hartslag veroorzaakt een drukgolf die op verschillende plaatsen in het lichaam voelbaar is, bijvoorbeeld in de hals en bij de pols. Verpleegkundigen bepalen het hartritme bij cliënten meestal aan de hand van de polsslag. In deze practicumopdracht voer je dit bij jezelf of bij een medeleerling uit.

METHODE

- Leg je arm ontspannen op tafel.
- Plaats de vingertoppen van de wijs-, middel- en ringvinger met lichte druk op de polsslagader, 2 tot 3 cm onder het polsgewricht in het verlengde van de duim (zie afbeelding 2).
- Zorg ervoor dat je het kloppen van de slagader voelt.
- Tel gedurende 15 seconden het aantal polsslagen.
- Vermenigvuldig de uitkomst met 4. Noteer de uitslag (in slagen per minuut) en eventuele bijzonderheden.
- Herhaal de bepaling nadat je (of de proefpersoon) tien diepe kniebuigingen hebt gedaan.

RESULTAAT

Een meting van de hartslagfrequentie in rust en een meting van de hartslagfrequentie na inspanning.

practicumopdracht 4**MATERIAAL**

- een klaargemaakt preparaat met dwarsdoorsneden van slagader en ader
- een microscoop

practicumopdracht 5**MATERIAAL**

- een klaargemaakt preparaat van bloed (gekleurd)
- een microscoop

Bouw van slagaders en aders

►► BASISSTOF 3

Slagaders en aders hebben verschillende functies. In deze practicumopdracht onderzoek je de bouw van de wand van deze bloedvaten.

METHODE

- Bekijk het preparaat bij een vergroting van 50×. Zoek in het preparaat naar een slagader en een ader.
- Maak een tekening van de wand van een slagader. Geef de laag glad spierweefsel aan.
- Maak ook een tekening van de wand van een ader.

RESULTAAT

Tekeningen van de wanden van een slagader en van een ader.

Bloedcellen

►► BASISSTOF 4

Bloed bestaat uit plasma en cellen en delen van cellen. Cellen en celdelen zijn herkenbaar aan hun vorm en de dichtheid. In deze practicumopdracht onderzoek je bloedcellen.

METHODE

- Bekijk het preparaat bij een vergroting van 100×. De rode bloedcellen liggen vaak in ‘geldrolletjes’. Bij de witte bloedcellen kunnen de kernen er verschillend uitzien.
- Bekijk het preparaat bij een vergroting van 400×. Soms kun je ook bloedplaatjes als stippen zien liggen.
- Maak tekeningen van enkele rode bloedcellen, van witte bloedcellen (zo mogelijk met verschillende typen kernen) en van bloedplaatjes (als je die hebt gezien).

RESULTAAT

Tekeningen van rode bloedcellen, witte bloedcellen en eventueel bloedplaatjes.

Samenvatting

LEERDOEL 1 ►► BASISSTOF 1

Je kunt beschrijven hoe opname, transport en afgifte van water met daarin opgeloste stoffen plaatsvindt in planten.

- Transport over kleine afstanden door diffusie.
- Transport over grote afstanden:
 - anorganische (opwaartse) sapstroom door houtvaten (mineralen opgelost in water);
 - organische sapstroom door bastvaten (assimilatieproducten opgelost in water).
- Transport door houtvaten dankzij drie krachten:
 - Worteldruk ontstaat door actief transport door endodermiscellen en osmotische werking van mineralen in de houtvaten.
 - Door capillaire werking van de houtvaten wordt het water omhooggetrokken.
 - Door verdamping van water wordt water aangezogen uit de houtvaten (via de nerven).
- Transport door bastvaten.
 - Bastvaten vervoeren water en assimilatieproducten vanuit de bladeren naar alle delen van de plant.
 - In de vaatbundels in stengels liggen bastvaten aan de buitenkant, in de nerven in bladeren aan de onderkant.

LEERDOEL 2 ►► BASISSTOF 1

Je kunt verschillende circulatiesystemen herkennen en de functies van een bloedsomloop benoemen.

- Bouw van transportsystemen:
 - Eencelligen en dieren die uit enkele cellagen bestaan, kennen alleen transport door diffusie.
 - Grotere dieren: open of gesloten circulatiesysteem.
 - Bij bloedvatenstelsels worden lichaamsvloeistof en bloedplasma onderscheiden.
 - Bloedsomloop: enkel of dubbel, een of meer harten.
- Circulatiesystemen zorgen voor een homogeen intern milieu door:
 - het transport van stoffen tussen intern en extern milieu (o.a. bouw-, brand- en afvalstoffen);
 - het transport van signaalstoffen (hormonen) tussen delen van het organisme;
 - het transport van bestanddelen van het afweersysteem;
 - verdeling van warmte over het lichaam.

LEERDOEL 3 ►► BASISSTOF 2

Je kunt de delen van een hart noemen met hun functies en kenmerken.

- Rechterboezem:
 - ontvangt zuurstofarm bloed uit de onderste en bovenste holle ader en voert dit door naar de rechterkamer;

- weinig gespierde wand.
- Rechterkamer:
 - pompt zuurstofarm bloed in de longslagader(s);
 - gespierde wand.
- Linkerboezem:
 - ontvangt zuurstofrijk bloed uit de longaders en voert dit door naar de linkerkamer;
 - weinig gespierde wand.
- Linkerkamer:
 - pompt zuurstofrijk bloed in de aorta;
 - zeer gespierde wand.
- Harttussenwand: scheidt de linker- en rechterharthelft.
- Hartkleppen: verhinderen terugstromen van bloed van kamers naar boezems.
- Halvemaanvormige kleppen: verhinderen het terugstromen van bloed van longslagader(s) en aorta naar de kamers.
- Kransslagaders: hierdoor stroomt zuurstofrijk bloed naar de hartspier.
- Kransaders: hierdoor stroomt zuurstofarm bloed weg uit de hartspier.

LEERDOEL 4 ►► BASISSTOF 2

Je kunt de werking van het hart beschrijven.

- Samentrekking (systole) van de boezems.
 - De sinusknop in de wand van de rechterboezem geeft impulsen af.
 - Spieren in de wand van de boezems trekken zich samen. De kamers ontspannen (diastole).
 - De hartkleppen zijn open, de halvemaanvormige kleppen dicht.
 - Bloed stroomt van de boezems naar de kamers.
- Samentrekking (systole) van de kamers.
 - Spieren in de wand van de kamers trekken zich samen. De boezems ontspannen (diastole).
 - Bloed stroomt van de kamers naar de longslagader(s) en de aorta.
 - De hartkleppen slaan dicht, de halvemaanvormige kleppen gaan open.
 - Spieren trekken zich samen en verhinderen dat de hartkleppen doorslaan.
- Hartpauze.
 - De boezems en de kamers ontspannen (diastole).
 - De hartkleppen zijn geopend, de halvemaanvormige kleppen zijn gesloten.
 - Bloed stroomt uit de holle aders en de longaders naar de boezems en kamers.
- Hartslagfrequentie (hartritme): de frequentie waarmee de sinusknop impulsen afgeeft.
 - De hartslagfrequentie wordt beïnvloed door de bloeddruk en door hormonen (o.a. adrenaline).
 - De hartslagfrequentie is o.a. afhankelijk van de lichaamsgrootte en de activiteit van het organisme.

- Slagvolume: de hoeveelheid bloed die per hartslag door de linkerkamer in de aorta wordt gepompt.
 - Het slagvolume hangt af van de hoeveelheid bloed die uit de holle aders de rechterboezem instroomt.
 - De linkerkamer pompt per hartslag ongeveer even veel bloed weg als de rechterkamer.

LEERDOEL 5 ►► BASISSTOF 3

Je kent de functies en kenmerken van aders, slagaders en haarvaten.

- Slagaders:
 - hierdoor stroomt bloed weg van het hart;
 - ‘slag’ merkbaar, o.a. in de polsen;
 - hoge bloeddruk;
 - dikke, stevige en elastische wand;
 - meestal diep in het lichaam gelegen;
 - alleen halvemaanvormige kleppen (aan het begin van longslagader en aorta).
- Haarvaten:
 - wand van één cellaag dik;
 - vocht met opgeloste stoffen en witte bloedcellen kunnen door de wand heen de haarvaten verlaten.
- Aders:
 - hierdoor stroomt bloed naar het hart toe;
 - lage bloeddruk;
 - geen ‘slag’ merkbaar;
 - dunne wand;
 - meestal ondiep in het lichaam gelegen;
 - kleppen verhinderen dat het bloed terugstroomt (vooral in de armen en benen).

LEERDOEL 6 ►► BASISSTOF 3

Je kunt de delen van het bloedvatenstelsel noemen en daarin zuurstofgehalte, glucosegehalte en stroomrichting van het bloed aangeven.

- Dubbele bloedsomloop: per omloop stroomt het bloed twee keer door het hart.
 - Kleine bloedsomloop: rechterkamer – longslagaders – longhaarvaten – longaders – linkerboezem.
 - Grote bloedsomloop: linkerkamer – aorta – slagaders – haarvaten in de organen – aders – onderste of bovenste holle ader – rechterboezem.
- Zuurstofgehalte van het bloed.
 - Door de slagaders van de kleine bloedsomloop stroomt zuurstofarm bloed.
 - Door de aders van de kleine bloedsomloop stroomt zuurstofrijk bloed.
 - Door de slagaders van de grote bloedsomloop stroomt zuurstofrijk bloed.
 - Door de aders van de grote bloedsomloop (o.a. de poortader) stroomt zuurstofarm bloed.

- Glucosegehalte van het bloed.
 - In de poortader zijn de schommelingen het grootst.
 - Van de overige bloedvaten is het glucosegehalte van het bloed in de leverader na vasten het hoogst.
 - Waar het bloed uit de leverader wordt gemengd met bloed afkomstig van andere organen, daalt het glucosegehalte van het bloed.

LEERDOEL 7 ►► BASISSTOF 3

Je kunt het verloop van de bloeddruk in de bloedvaten beschrijven.

- Van slagaders naar aders neemt de bloeddruk voortdurend af.
 - De bloeddruk is het hoogst in de linkerkamer en de aorta tijdens het samentrekken van de kamers.
 - In de slagaders gaat de bloeddruk sterk op en neer als gevolg van de hartslag.
 - In de aders is de bloeddruk vaak te laag om de bloedstroom op gang te houden.
- In de aders helpen andere krachten mee om de bloedstroom op gang te houden:
 - de stootsgewijze druk van slagaders die naast de aders liggen;
 - de samentrekking van skeletspieren.
- De bloeddruk wordt min of meer constant gehouden door aanpassing van het hartritme (negatieve terugkoppeling).
 - Als de bloeddruk onder de normwaarde daalt, zorgt de hersenstam ervoor dat het hartritme stijgt. Hierdoor stijgt de bloeddruk.
 - Als de bloeddruk boven de normwaarde stijgt, zorgt de hersenstam ervoor dat het hartritme daalt. Hierdoor daalt de bloeddruk.
 - De bloeddruk kan zijn verhoogd doordat aan de binnenwand van slagaders cholesterol is afgezet.
- Bloeddrukmeting: de bovendruk en de onderdruk.
 - De bovendruk ontstaat door de samentrekking van de kamers.
 - De onderdruk is de druk tijdens de hartpauze.
- De stroomsnelheid van het bloed is het grootst in de aorta en het laagst in de haarvaten.
- Hartinfarct:
 - Een of meer vertakkingen van een kransslagader raken verstopt (door slagaderverkalking).
 - Daardoor krijgt een deel van de hartspier geen zuurstof en voedingsstoffen meer en sterft af.

LEERDOEL 8 ►► BASISSTOF 4

Je kunt de bestanddelen van bloed noemen met hun kenmerken en functies.

- Bloedplasma: water met opgeloste stoffen en plasma-eiwitten (o.a. fibrinogeen).

- Het bloedplasma vervoert zuurstof, voedingsstoffen (o.a. glucose), afvalstoffen (o.a. koolstofdioxide), signaalstoffen (o.a. hormonen) en beschermende stoffen (o.a. antistoffen).
- Het bloedplasma houdt het interne milieu constant.
- Veel plasma-eiwitten spelen een rol bij het transport van stoffen, de handhaving van de osmotische waarde van het bloed en de bloeddruk.
- Fibrinogeen speelt een rol bij de bloedstolling.
- Bloedserum is bloedplasma zonder fibrinogeen.
- Rode bloedcellen.
 - Cellen zonder kern (daardoor betrekkelijk korte levensduur).
 - Worden gevormd in het rode beenmerg uit stamcellen, onder invloed van het hormoon epo uit de nieren.
 - Worden afgebroken in het rode beenmerg, in de milt en in de lever.
 - Bevatten hemoglobine dat zuurstof kan binden.
 - Functie: transport van zuurstof.
- Bloedplaatjes.
 - Delen (zonder kern) van uiteengevallen cellen.
 - Worden gevormd in het rode beenmerg.
 - Functie: bloedstolling.
- Witte bloedcellen.
 - Cellen met kern.
 - Worden vooral gevormd in het rode beenmerg uit stamcellen.
 - Functie: ziekteverwekkers vernietigen en dode celresten opruimen.

LEERDOEL 9 ►► BASISSTOF 4

Je kunt het proces van bloedstolling beschrijven en verklaren.

- Bloedplaatjes kleven aan de beschadigde bloedvatwand en vormen een bloedpropje.
 - Uit het beschadigde weefsel en uit de bloedplaatjes komen stoffen vrij.
 - Deze stoffen brengen met behulp van stollingsfactoren in het bloedplasma (o.a. calciumionen) een keten van reacties op gang.
 - Uiteindelijk leidt dit ertoe dat fibrinogeen wordt omgezet in fibrine.
- Fibrine vormt een netwerk van draden dat de wond afsluit (bloedstolsel).

LEERDOEL 10 ►► BASISSTOF 5

Je kunt de kenmerken en functies van weefselvloeistof en lymfe noemen.

- Weefselvloeistof ontstaat doordat aan het begin van de haarvaten vocht uittreedt.

- Plasma-eiwitten met relatief grote moleculen kunnen de haarvaten niet verlaten. Hierdoor ontstaat een osmotische druk van de weefselvloeistof naar het bloedplasma.
- Aan het begin van de haarvaten is de bloeddruk hoger dan de osmotische druk, zodat vocht de haarvaten verlaat naar de weefsels toe.
- Weefselvloeistof bevat o.a. zuurstof, voedingsstoffen, koolstofdioxide en andere afvalstoffen, hormonen en plasma-eiwitten met kleine moleculen. Weefselvloeistof kan witte bloedcellen bevatten.
- Functie: zuurstof en voedingsstoffen naar de cellen toe voeren en koolstofdioxide en andere afvalstoffen van de cellen weg voeren.
- Een deel van de weefselvloeistof keert aan het eind van de haarvaten terug in het bloed.
 - Aan het eind van de haarvaten is de bloeddruk sterk gedaald. Doordat de osmotische druk vanuit de weefselvloeistof hier hoger is dan de bloeddruk wordt er weer vocht in de haarvaten opgenomen.
- Een deel van de weefselvloeistof wordt opgenomen in fijne lymfevaten.
 - Lymfevaten verenigen zich tot grotere lymfevaten. In de lymfevaten komen kleppen voor.
 - Het lymfesysteem voert de lymfe weer terug naar het bloedvatstelsel.
 - Lymfeknopen (lymfeklieren) zuiveren de lymfe van o.a. ziekteverwekkers.

COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN

Je hebt de volgende vaardigheden geoefend:

- doelgericht zoeken en selecteren van informatie;
- mondeling communiceren over natuurwetenschappelijke onderwerpen;
- toepassen van verschillende fasen van natuurwetenschappelijk onderzoek;
- geven van een beargumenteerde mening;
- herkennen/gebruiken van biologische en ethische argumenten;
- vorm-functiedenken op de niveaus van moleculen, cellen, weefsels, organen en organismen;
- verklaren van transport van stoffen op het niveau van weefsels, organen en organismen met behulp van evolutiemechanismen (evolutionair denken);
- met elkaar in verband brengen van transportsystemen op de niveaus van cellen, weefsels, organen en organismen (systeemdenken).

Examentrainer

VERPLEEGKUNDIGE (M/V) GEVRAAGD

Bron: examen havo 2015-1, vraag 1 tot en met 5.

Je solliciteert op de volgende vacature.

VACATURE

Verpleegkundige cardiologie/cardiochirurgie

Het werkveld

De verpleegafdeling cardiologie/cardiochirurgie telt 32 bedden en maakt onderdeel uit van het Hartcentrum. Er is nauwe samenwerking binnen het Hartcentrum. Cardiologie/cardiochirurgie is een dynamisch vakgebied waarin diagnostische en therapeutische ontwikkelingen nog steeds in volle gang zijn.

Jouw activiteiten

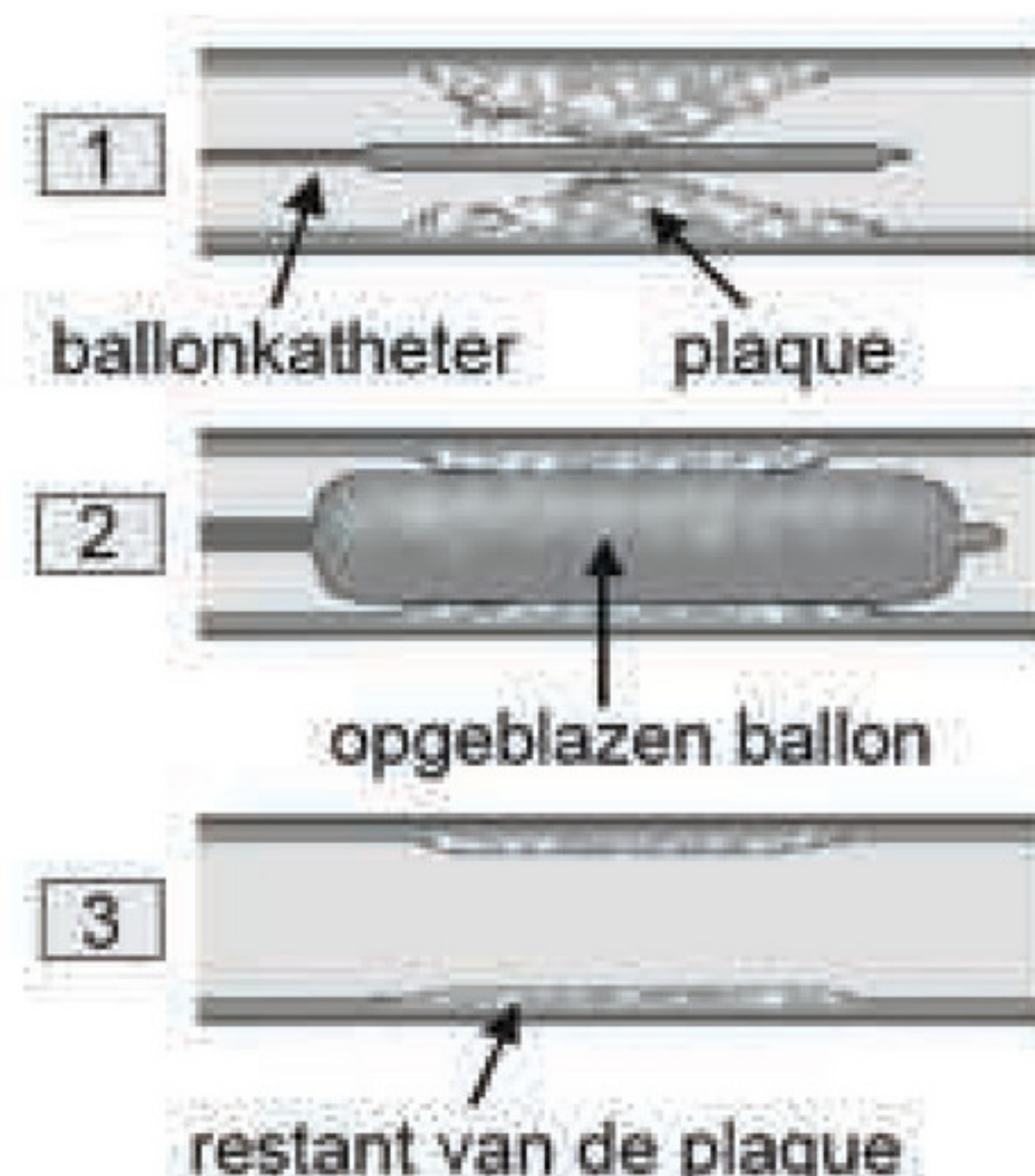
De specialistische zorg is vooral gericht op verpleegkundige handelingen bij patiënten met een hartinfarct, hartfalen of ritmestoornissen en rondom ingrepen zoals een bypass- of hartklepoperatie. Daarnaast ben je betrokken bij de coördinatie van de opnamen en niet onbelangrijk: de psychosociale begeleiding van patiënten. Vanzelfsprekend geef je informatie, voorlichting en advies aan patiënten en hun relaties. Door de combinatie van twee specialismen is dit een boeiende en enerverende werkplek.

Als verpleegkundige op deze afdeling is het van belang dat je op de hoogte bent van de oorzaken en behandelingen van de verschillende aandoeningen. Tijdens het sollicitatiegesprek krijg je de volgende casus voorgelegd: een patiënt die herstelt van een hartinfarct vraagt zich af waardoor dit infarct is opgetreden.

- 2p 1 – Schrijf het antwoord op dat je deze patiënt geeft, om hem uit te leggen door welke verandering in zijn hart dit infarct mogelijk is opgetreden.
- Noteer ook twee adviezen met betrekking tot leefgewoonten die kunnen bijdragen aan het voorkomen van een hartinfarct.

Een van de klachten die ertoe kan leiden dat iemand op de afdeling cardiologie terechtkomt, is angina pectoris (pijn op de borst). Deze pijn wordt veroorzaakt doordat bepaalde delen van het hart tijdelijk geen zuurstof krijgen. Indien dit op tijd wordt ontdekt, kan worden besloten om te dotteren (zie afbeelding 1).

▼ Afb. 1 Dotteren in drie stappen.



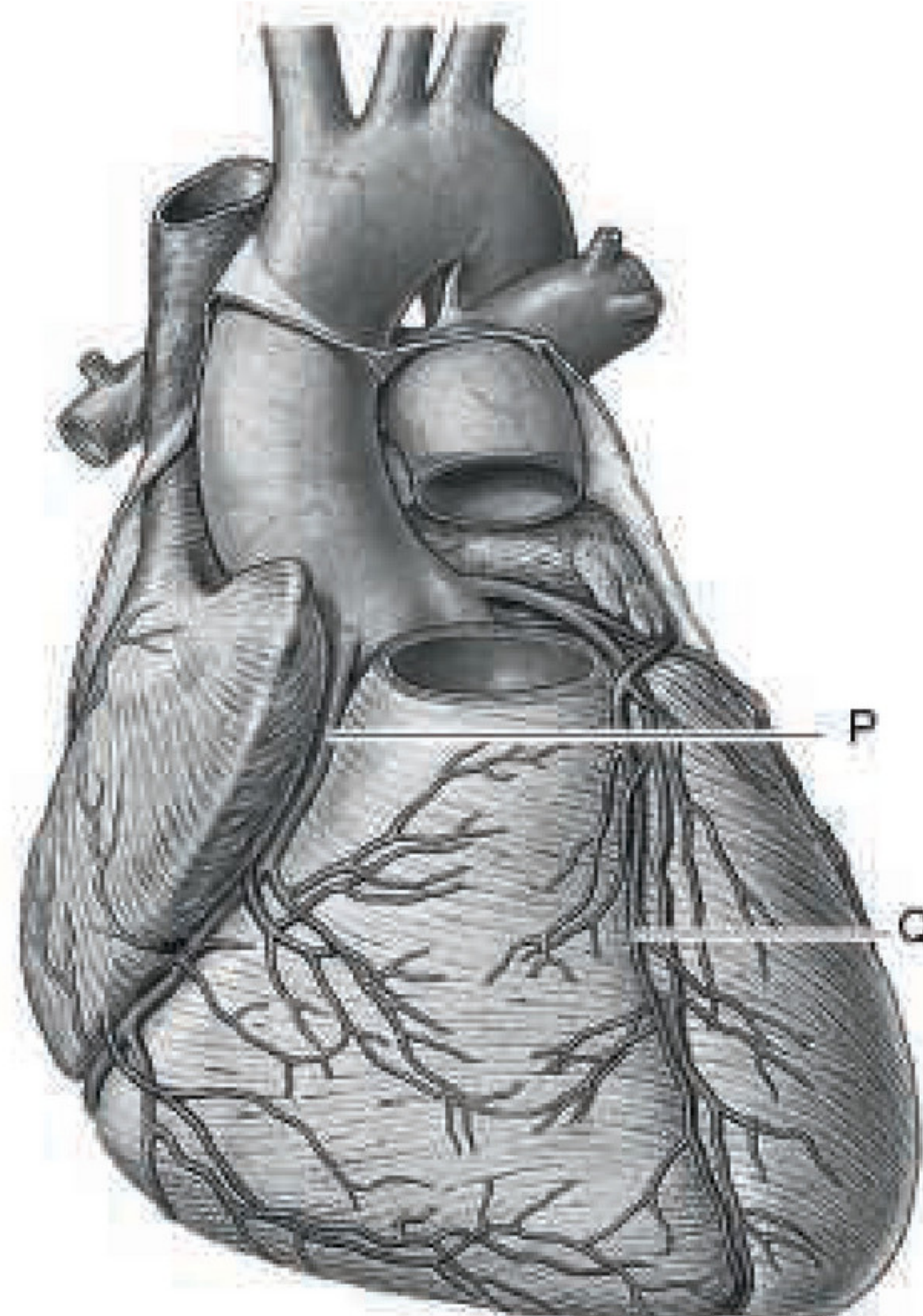
Bij deze methode wordt via een slagader van de arm of van de lies een katheter naar het hart gebracht. Door contrastvloeistof in de bloedvaten te brengen, kan de cardioloog goed zien welk bloedvat vernauwd is. Via de katheter wordt daar een ballon naartoe gebracht en vervolgens ter hoogte van de plaque opgeblazen. Hierdoor wordt de plaque tegen de vaatwand geperst. Ook de opgeblazen ballon veroorzaakt pijn op de borst, maar dan tijdelijk.

- 1p 2 Verklaar aan de hand van afbeelding 1 waardoor er tijdens de behandeling ook pijn op de borst kan ontstaan.

Na deze behandeling vraagt de patiënt zich af of hij ook een kunstmatige pacemaker nodig heeft.

- 2p 3 Leg uit waardoor bij mensen die een hartinfarct hebben gehad een kunstmatige pacemaker niet helpt om een eventueel volgend hartinfarct te voorkomen. Betrek in je antwoord de functie van een pacemaker.

▼ Afb. 2 Het hart (schematisch).



In afbeelding 2 zijn een kransslagader en een kransader aangegeven met letters.

- 2p 4 Op welke van de aangegeven plaatsen kan zich een plaque bevinden die bij een dreigend hartinfarct met dotteren wordt behandeld?
- A alleen op plaats P
 - B alleen op plaats Q
 - C dit kan zowel op plaats P als op plaats Q

Bij een bepaalde hartaandoening is de opening naar de aorta te nauw. Het hart moet hierdoor harder werken om voldoende bloed naar de aorta te pompen. Hierdoor kan linkerventrikelhypertrofie ontstaan: een toename van het spierweefsel in de linkerkamer. Deze hartafwijking kan een erfelijke oorzaak hebben.

Een gezonde zwangere vrouw zit aan het bed van haar man, de vader van haar ongeboren zoon. Bij haar man is met behulp van DNA-diagnostiek een erfelijke variant van de aandoening linkerventrikelhypertrofie geconstateerd. Op haar vraag hoe groot de kans is dat haar zoon de aandoening ook krijgt, is het antwoord: '50%'.

- 2p 5 Welk resultaat van de DNA-diagnostiek verklaart dit antwoord?
- A Haar man heeft één autosomaal dominant allel dat de aandoening veroorzaakt.
 - B Haar man heeft één autosomaal recessief allel dat de aandoening veroorzaakt.
 - C Haar man heeft één X-chromosomaal dominant allel dat de aandoening veroorzaakt.
 - D Haar man heeft één X-chromosomaal recessief allel dat de aandoening veroorzaakt.

BLOEDTRANSFUSIES TIJDENS DE EERSTE WERELDOORLOG

Bron: examen havo 2017-2, vraag 7 tot en met 9.

In de Eerste Wereldoorlog (1914–1918) zijn veel soldaten gesneuveld op het slagveld. Het gebruik van zware munitie leidde tot forse verwondingen waardoor veel soldaten overleden als gevolg van bloedverlies.

In het kader van een project over de Eerste Wereldoorlog kozen Tom en Michael ervoor onderzoek te doen naar bloedtransfusies tijdens deze periode. Michael leest dat de Britse medische staf adviseerde om de gewonden met bloedverlies een infuus met een zoutoplossing te geven.



Helaas bleek dit infuus in de meeste gevallen niet voldoende en verloren de gewonden snel het bewustzijn waarna ze alsnog stierven. Het verlies van bewustzijn wordt veroorzaakt door het ontbreken van een bepaald bloedbestanddeel in de zoutoplossing.

- 2p 6 Welk bloedbestanddeel ontbreekt in de zoutoplossing waardoor het verlies van bewustzijn kan optreden?
- A bloedplaatjes
 - B bloedplasma
 - C rode bloedcellen
 - D witte bloedcellen

De Canadese medische staf zag meer nut in het toedienen van bloed dat alle bloedbestanddelen bevat. In eerste instantie vond de transfusie plaats via een slangetje van donor naar ontvanger. Later werd het donorbloed opgevangen in een fles voordat het werd overgebracht naar de patiënt.

- 2p 7 Noteer welke bloedvaten en welke delen van het hart het donorbloed achtereenvolgens passeert op de kortste weg van een ader in de linkeronderarm van de ontvanger naar zijn hersenen.

Als het bloed werd opgevangen in een fles was het nodig om de inhoud van de fles in beweging te houden zodat het bloed niet stonde.

- 2p 8 Welke bloedbestanddelen zetten de bloedstolling in gang?
- A bloedplaatjes en bloedplasma
 - B bloedplaatjes en rode bloedcellen
 - C bloedplaatjes en witte bloedcellen
 - D bloedplasma en rode bloedcellen
 - E bloedplasma en witte bloedcellen
 - F rode bloedcellen en witte bloedcellen

5 Gaswisseling en uitscheiding

We nemen voortdurend stoffen op uit onze omgeving. Stoffen die we niet gebruiken, scheiden we uit. Longen, huid, lever en nieren zijn uitscheidingsorganen. De opname en afgifte van gassen heet gaswisseling. Opname en uitscheiding houden het interne milieu constant. Dat heet homeostase.

ONTDEKKEN

Eerste hulp bij festivals	58
---------------------------	----

BASISSTOF

1 Gaswisseling	60
2 Longventilatie	70
3 De lever	78
4 De nieren	82
5 De huid	87

SAMENHANG

De koningsziekte	92
------------------	----

VERRIJKINGSSTOFFEN

Duiken	
Urineonderzoek	
Leren en werken: Longfunctieassistent	

PRACTICA

94

AFSLUITING

Samenvatting	98
Flitskaarten	
Test Jezelf	

Examentrainer	102
---------------	-----







Eerste hulp bij festivals

►► BASISSTOF 4

Bevrijdingspop, Zwolle. Terwijl duizenden mensen genieten van de muziek, zakt ergens in de mensenmassa een jongen in elkaar. Omstanders schieten te hulp. Gelukkig komt de jongen snel weer bij, maar hij is verward, gedesoriënteerd en misselijk. Bij de EHBO-post controleert een hulpverlener van het Rode Kruis het zoutgehalte van het bloed. De jongen blijkt een watervergiftiging te hebben.

Water is niet giftig. Toch bestaat er zoets als een watervergiftiging. Daaraan kun je zelfs overlijden. Risicogroepen zijn marathonlopers en mensen die xtc hebben gebruikt. Zij krijgen vaak te horen dat ze zo veel mogelijk water moeten drinken, zeker bij hitte, maar dat kan dus helemaal verkeerd uitpakken. Het is ook weleens misggaan bij 'waterdrinkwedstrijden', bijvoorbeeld tijdens de ontgroening bij een studentenvereniging. De symptomen van een watervergiftiging zijn verwarring, misselijkheid en desoriëntatie. Watervergiftiging komt niet vaak voor. Op festivals zijn oververhitting en uitdroging

vaak een groter probleem, zeker op warme zomerdagen. De combinatie van hitte, alcohol en dansen zorgt ervoor dat je snel vocht verliest. Als je dan niet genoeg drinkt, raak je uitgedroogd. De symptomen zijn verwarring, misselijkheid en desoriëntatie – inderdaad, dezelfde verschijnselen als bij watervergiftiging. Maar de zorg die iemand met uitdroging nodig heeft, is heel anders dan bij watervergiftiging. Zeker bij warm weer denken omstanders vaak meteen aan uitdroging of oververhitting als iemand onderuitgaat. Ze gaan dan op zoek naar water om de patiënt te laten drinken. Maar bij een watervergiftiging kan nog meer water drinken dodelijk zijn!

Het is dus belangrijk dat je eerst weet wat er aan de hand is. Op alle grote festivals en evenementen zijn EHBO-posten aanwezig. Daar kan een vrijwilliger van het Rode Kruis het bloed controleren en de juiste hulp verlenen. EHBO'ers van het Rode Kruis kunnen zich specialiseren in hulpverlening op grote evenementen en in problemen rond alcohol en drugs. Zo'n gespecialiseerde EHBO'er kan bijvoorbeeld een wateradvies op maat geven om oververhitting, uitdroging of watervergiftiging te voorkomen. Op sommige festivals zijn voorlichtingsteams van jongeren aanwezig, bijvoorbeeld van het Rode Kruisproject 'Eerste Hulp Bij Festivals'. Zij laten bezoekers op een leuke manier zien wat de gevaren zijn op een festivalterrein en hoe je kunt handelen in geval van nood.

▼ Afb. 1

AMSTERDAM – Een toeriste is zaterdag 28 mei overleden als gevolg van watervergiftiging. De vrouw werd onwel in een hotel aan de Vossiusstraat in Zuid. Zij werd met een ambulance overgebracht naar het ziekenhuis, waar ze is overleden. Vrijdag bracht de politie naar buiten dat ze bezweek aan een watervergiftiging. Dit komt vaker voor bij gebruikers van harddrugs zoals xtc, maar deze toeriste had volgens de Amsterdamse politie softdrugs gebruikt.

Naar: 'Toeriste overleden aan watervergiftiging', *Het Parool*, 3 juni 2016.

opdrachten

Als hulpverlener van het Rode Kruis bemens je in de zomer EHBO-posten op festivals en evenementen. Vooral tijdens een hittegolf kan het daar druk worden. De laatste jaren heb je enkele keren te maken gehad met watervergiftiging en uitdroging bij festivalbezoekers. Vaak was daarbij xtc of alcohol in het spel. Voor komend seizoen besluiten jullie goed voorbereid op pad te gaan.

Eerst ga je ervoor zorgen dat jij en je collega's alles weten over de waterhuishouding en de invloed van alcohol en drugs. Daarvoor hebben jullie nog mooi even de tijd, voor het festivalseizoen losbarst.

- 1 Samen met drie collega's zoek je uit hoe de waterhuishouding van het lichaam precies werkt. Jullie gaan je verdiepen in vier onderwerpen: uitdroging, watervergiftiging, alcohol en xtc (werkzame stof: mdma). Jullie verdelen de onderwerpen. Na afloop wisselen jullie de kennis uit.
 - Wat gebeurt er in het lichaam bij uitdroging?
 - Wat gebeurt er in het lichaam bij watervergiftiging?

- Hoe beïnvloedt alcohol de waterhuishouding?
- Hoe beïnvloedt xtc de waterhuishouding?

Gebruik de leerstof uit basisstof 4 en zoek op internet. Maak voor jezelf een korte samenvatting van de informatie die je vindt. Dat kan in tekst, maar ook in bijvoorbeeld een schema, tekening of mindmap. Afbeeldingen en filmpjes kun je bewaren om te delen.

Verwerk in je samenvatting de volgende begrippen: *ADH, osmotische waarde, terugresorptie, ultrafiltratie, voorurine en waterhuishouding*.

Praat elkaar bij over de informatie die jullie hebben gevonden. Maak een overzicht waarin je de begrippen ADH, osmotische waarde, terugresorptie, ultrafiltratie en voorurine belicht bij zowel uitdroging als watervergiftiging. Geef ook aan wat de invloed is van alcohol en van xtc. Als jullie mindmaps hebben gemaakt, kun je die samenvoegen.

- 2 Bedenk en maak met zijn vieren aansprekend voorlichtingsmateriaal over 'water' (de waterhuishouding) voor jonge festivalbezoekers (16 tot 25 jaar). Ga uit van een festivalomgeving met veel hitte en drukte. Je kunt bijvoorbeeld een filmpje maken voor op de website van het evenement of een flyer om ter plekke uit te delen. Geef de festivalgangers kort en in eenvoudige taal informatie over de werking van de nieren en de rol van het hormoon ADH. Leg uit hoe uitdroging en watervergiftiging ontstaan, wat de gevolgen kunnen zijn, hoe je uitdroging en watervergiftiging kunt voorkomen en wat je wel en niet moet doen als je uitdroging of watervergiftiging vermoedt.

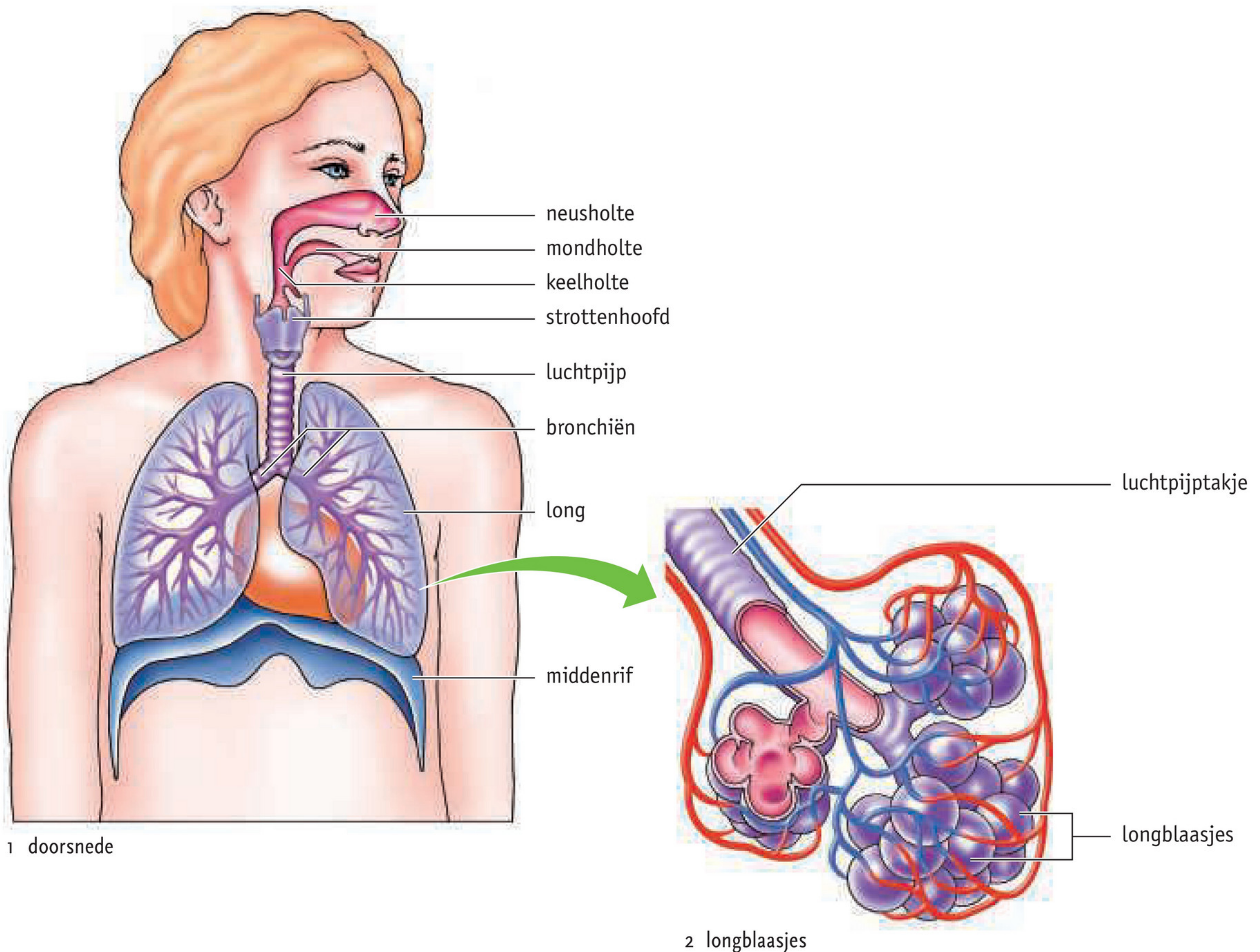
▼ Afb. 2



Leerdoelen

- Je kunt van delen van het ademhalingsstelsel de functies en kenmerken noemen.
- Je kunt uitleggen hoe het interne milieu min of meer constant wordt gehouden door de longen.
- Je kunt de werking van organen voor gaswisseling bij planten beschrijven.

▼ **Afb. 1** Het ademhalingsstelsel van de mens (schematisch).



1 Gaswisseling

Wij landdieren dreigen voortdurend uit te drogen. Een dikke huid voorkomt dat. Maar de huid van de longen is dun. Dat is nodig voor de gaswisseling. Gelukkig zitten de longen binnen je lichaam, anders zou je toch nog uitdrogen.

ADEMHALINGSSTELSEL

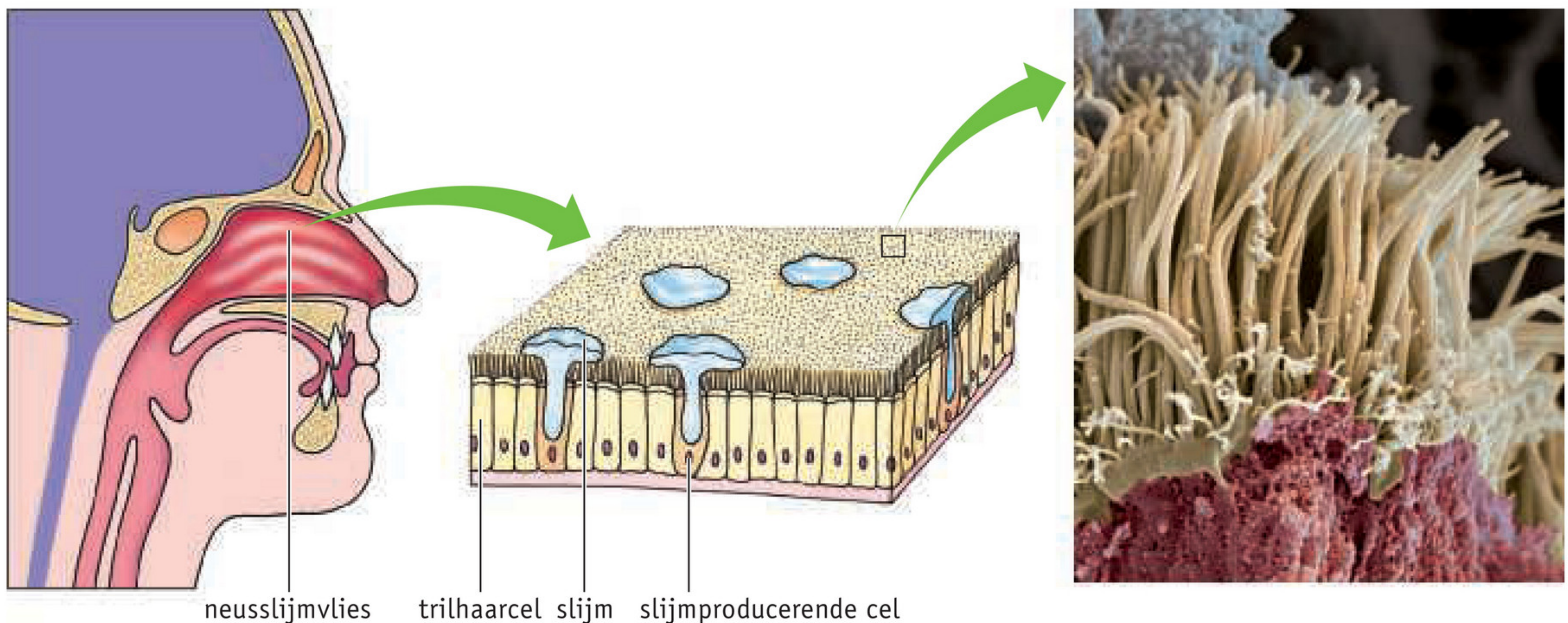
Het ademhalingsstelsel bestaat uit de **longen** en de luchtwegen (zie afbeelding 1). Met het ademhalingsstelsel neem je gassen op uit de lucht en geef je gassen af aan de lucht. Dit noem je **gaswisseling**.

Als je inademt, stroomt lucht door de neus of door de mond naar binnen. De neusholte is bekleed met **neusslijmvlies**. De buitenste laag cellen van het neusslijmvlies bestaat uit **trilhaarepitheel**. Daarin zitten slijmproducerende cellen en trilhaarcellen (zie afbeelding 2). Neusharen houden grote ingeademde stofdeeltjes tegen. Kleine stofdeeltjes en ziekteverwekkers blijven aan het slijm op het neusslijmvlies kleven. Bewegingen van de trilharen brengen het slijm naar

de keelholte. Daar wordt het samen met speeksel doorgeslikt. Het slijm maakt de binnenstromende lucht vochtig. Het bloed in de bloedvaten in het neusslijmvlies verwarmt de lucht. Zintuigcellen in de neus keuren de binnenstromende lucht op 'vreemde geurtjes'. Dit is een vorm van bescherming, want die geurstoffen kunnen afkomstig zijn van gevaarlijke stoffen.

De neusholte is door nauwe openingen verbonden met de **bijholten**. Dat zijn holten in de schedelbeenderen, bijvoorbeeld de kaakholten en de voorhoofdsholte. De bijholten zijn ook bekleed met slijmvlies. Het slijm hiervan wordt bij gezonde personen afgevoerd via de neusholte. Bij verkoudheid zwelt het neus- en bijholteslijmvlies op. Daardoor worden de uitgangen van de bijholten afgesloten. Het slijm in de bijholten hoopt zich dan op, waardoor een 'verstopt' gevoel ontstaat.

▼ **Afb. 2** Het neusslijmvlies.



1 de ligging van het neusslijmvlies

2 schematische tekening van trilhaarepitheel

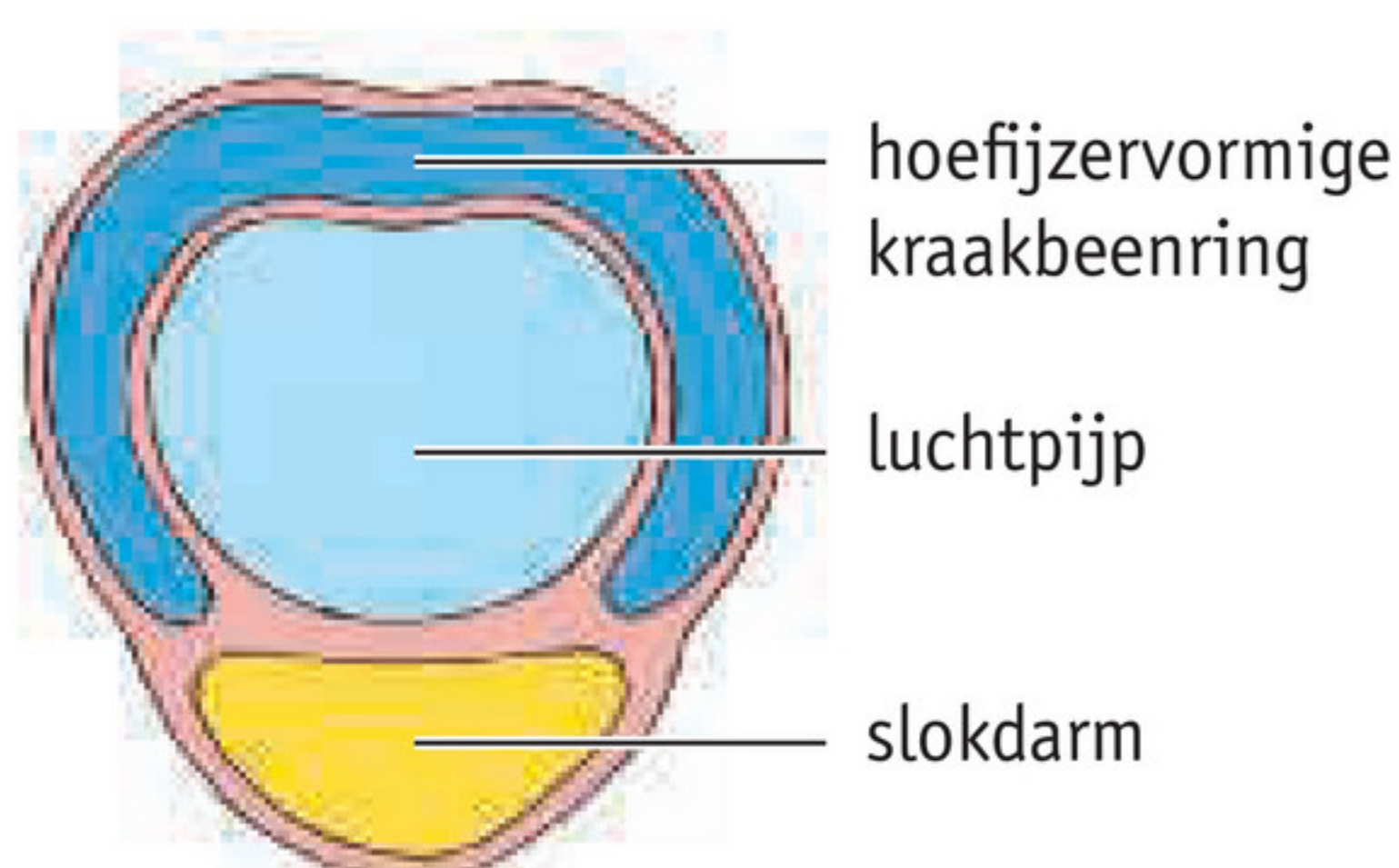
3 elektronenmicroscopische foto van trilhaarepitheel

In de keelholte bevinden zich de huig en het strotklepje. Het **strotklepje** sluit de luchtpijp af als je iets doorslikt. Tussen de keelholte en de luchtpijp zit het **strottenhoofd**. Hierin liggen de **stembanden**. Dat zijn stevige vliezen die gaan trillen als er lucht langs komt. Hierdoor ontstaan geluiden.

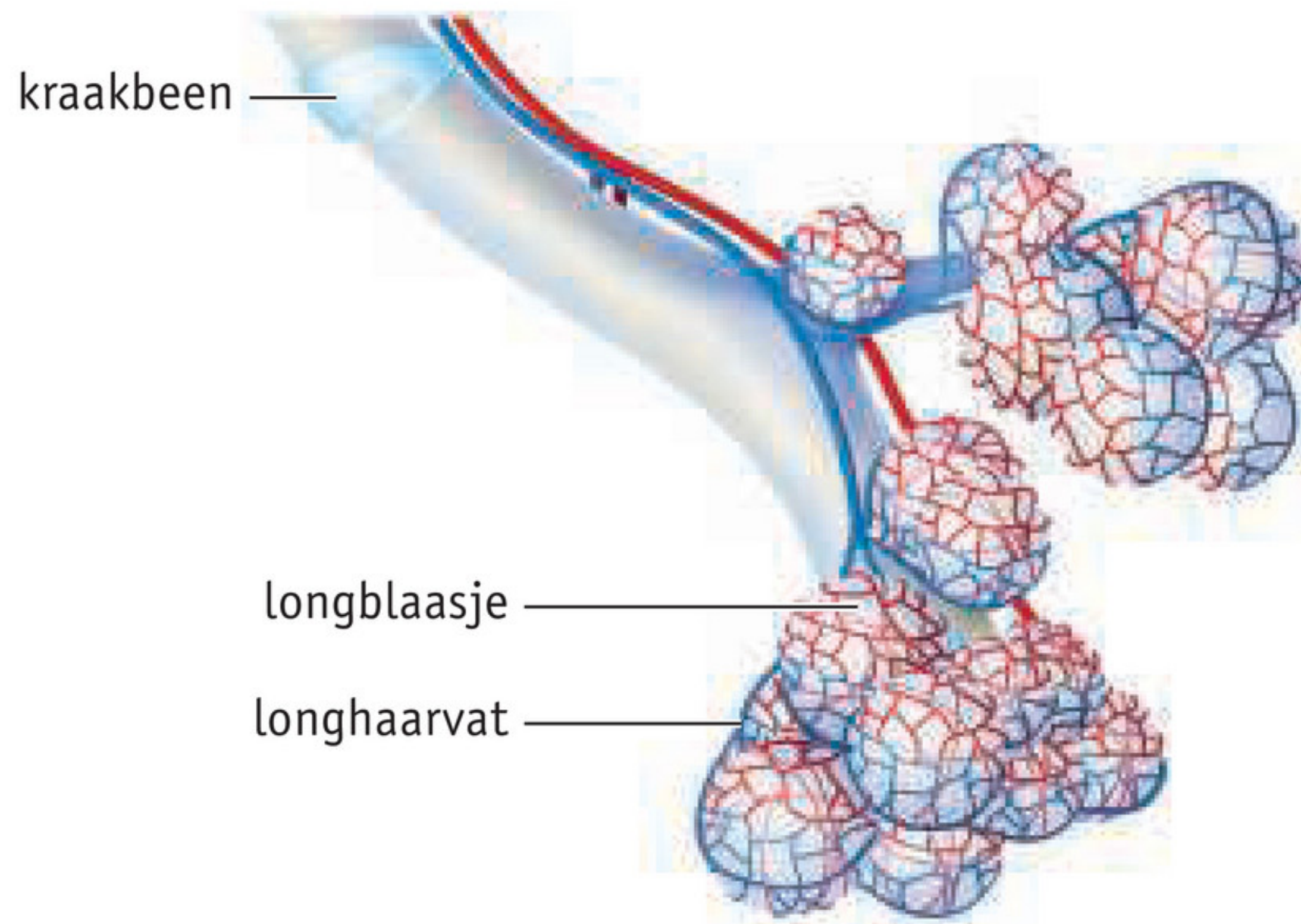
De **luchtpijp** verbindt de keelholte met de longen. De luchtpijp vertakt zich in twee **bronchiën**. In de wand van de luchtpijp en de bronchiën zitten hoefijzervormige **kraakbeenringen** (zie afbeelding 3). De bronchiën vertakken zich in steeds kleinere zijtakjes: de **bronchiolen**. De wanden van de bronchiolen hebben geen kraakbeenringen, maar spierweefsel. Door samentrekking of ontspanning van dit spierweefsel kunnen de bronchiolen zich vernauwen of verwijden. Dit is van invloed op de hoeveelheid lucht die per ademhaling wordt in- en uitgeademd. Het spierweefsel in de wand van de bronchiolen wordt beïnvloed door het autonome zenuwstelsel en door hormonen. Onder invloed van het hormoon adrenaline verwijden de bronchiolen zich.

De binnenwand van de luchtpijp, bronchiën en bronchiolen is bekleed met slijmvlies. De buitenste laag cellen van dit slijmvlies bestaat uit trilhaarepitheel. De trilharen brengen het slijm omhoog naar de keelholte. Als het slijmvlies wordt geprikkeld, bijvoorbeeld door stofdeeltjes, ga je hoesten.

▼ **Afb. 3** Doorsnede van de luchtpijp (schematisch).

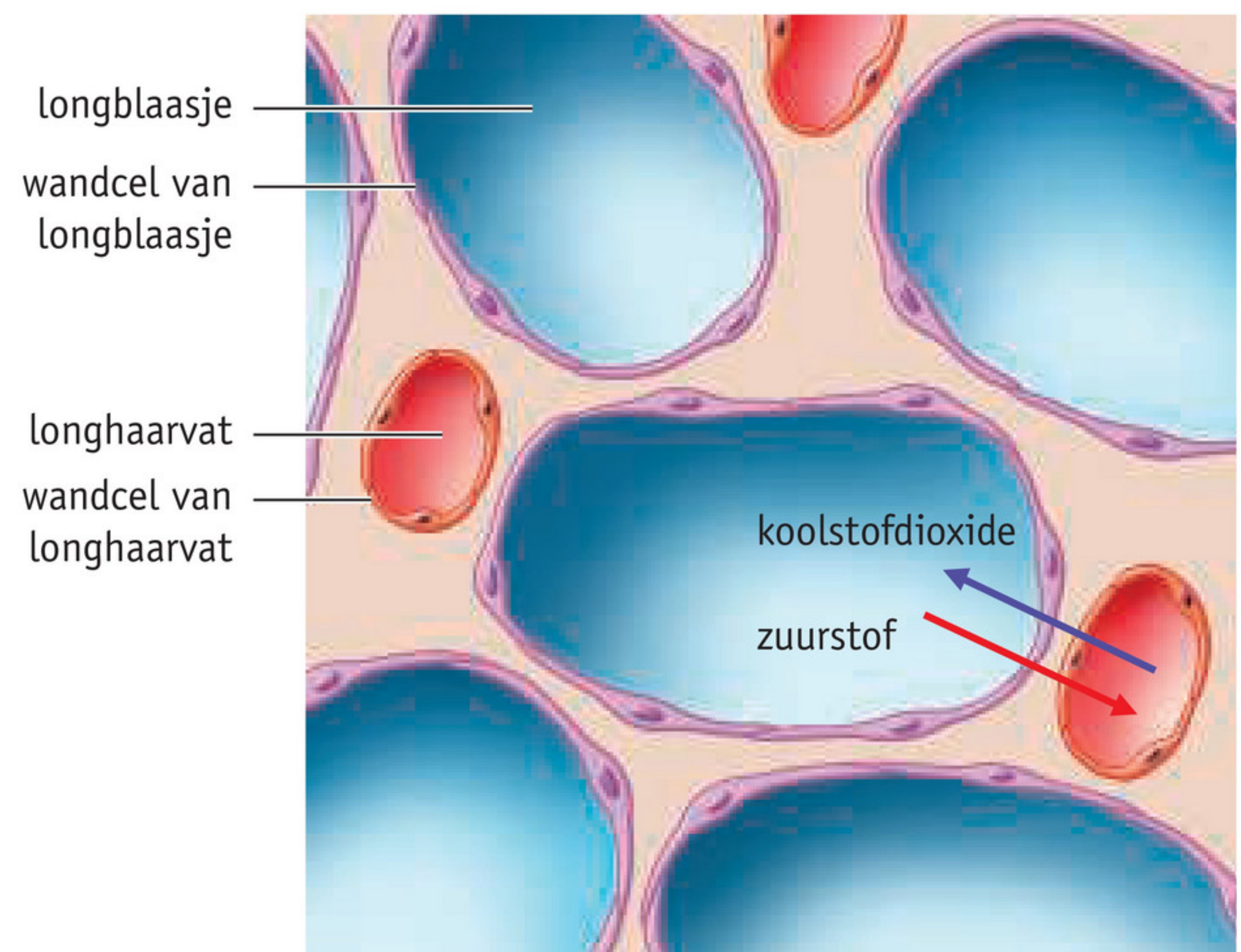


▼ **Afb. 4** Longblaasjes met longhaarvaten (schematisch).



1 buitenaanzicht

Aan de uiteinden van de fijnste bronchiolen zitten de **longblaasjes**. De wand daarvan is maar één cellaag dik en de binnenkant is bedekt met een dun laagje vocht. Om de longblaasjes heen zit een netwerk van fijne bloedvaatjes: de longhaarvaten (zie afbeelding 4).

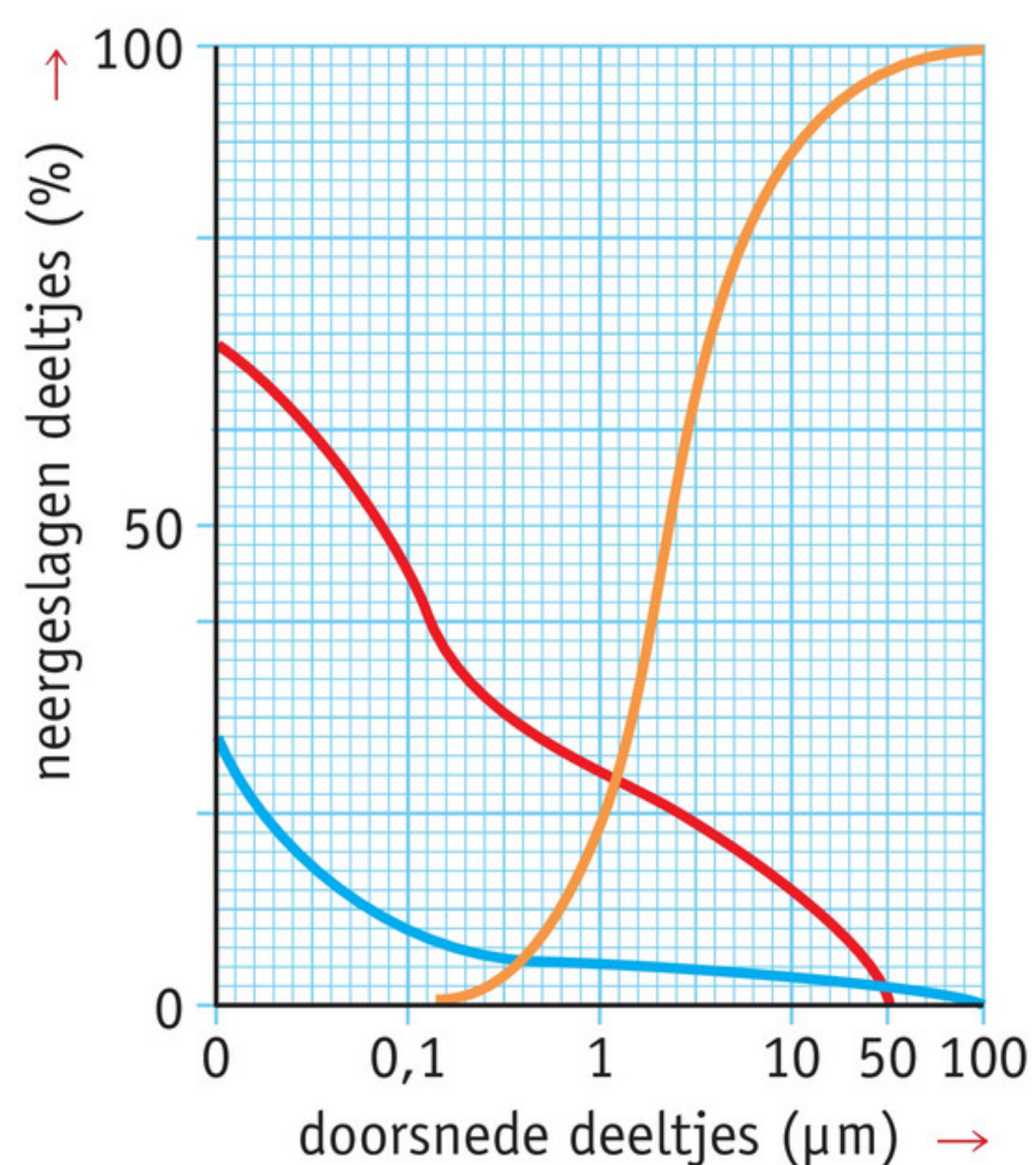


2 doorsnede van een deel van de longen

opdrachten

- 1
 - a Kun je tegelijk slikken en ademhalen? Leg je antwoord uit.
 - b Inademen door de neus is gezonder dan inademen door de mond. Geef hiervoor vier redenen.
 - c Spiertjes in de stembanden kunnen de stembanden meer of minder aanspannen. Welke verandering in de stembanden treedt op als je op hogere toon gaat praten?
 - d Afbeelding 3 is een doorsnede van de luchtpijp. Waar in de figuur bevindt zich de voorkant?
 - e Is de doorsnede van afbeelding 3 gemaakt ter hoogte van de hals, ter hoogte van het hart of ter hoogte van de maag?
 - f In de luchtpijp bevinden zich kraakbeenringen. Leg uit waar deze kraakbeenringen voor dienen.
 - g Leg uit waarom het niet handig zou zijn als de hele luchtpijp met kraakbeen was bekleed.
- 2 Adrenaline noem je ook wel het 'fight, flight en fright-hormoon'. Het is functioneel dat de bronchiolen onder invloed van adrenaline worden verwijd. Leg dit uit.
- 3 In de lucht bevinden zich allerlei soorten deeltjes. Een fijn verdeelde vloeistof of vaste stof in een gas heet een aerosol. De doorsnede van de deeltjes in aerosolen varieert van 0,01 tot 100 μm . In het diagram van afbeelding 5 is weergegeven welk percentage van de deeltjes van de aerosolen bij inademing via de neus neerslaat op de wand van verschillende delen van het ademhalingsstelsel.

- ▼ **Afb. 5** Percentage van de deeltjes van de aerosolen dat bij inademing via de neus neerslaat op de wand van verschillende delen van het ademhalingsstelsel.



Legenda:

- neus-keelholte
- luchtpijp, bronchiën en bronchiolen
- longblaasjes

Op basis van de gegevens in het diagram doen twee leerlingen een uitspraak.

- a Jelmer zegt dat er in de lucht die wordt uitgedemd geen aerosolen meer voorkomen.
Is deze uitspraak juist? Leg je antwoord uit.
- b Tristan zegt dat er bij inademing door de mond minder aerosoldeeltjes met een doorsnede van 50 μm in de luchtpijp komen dan bij inademing door de neus.
Is deze uitspraak juist? Leg je antwoord uit.

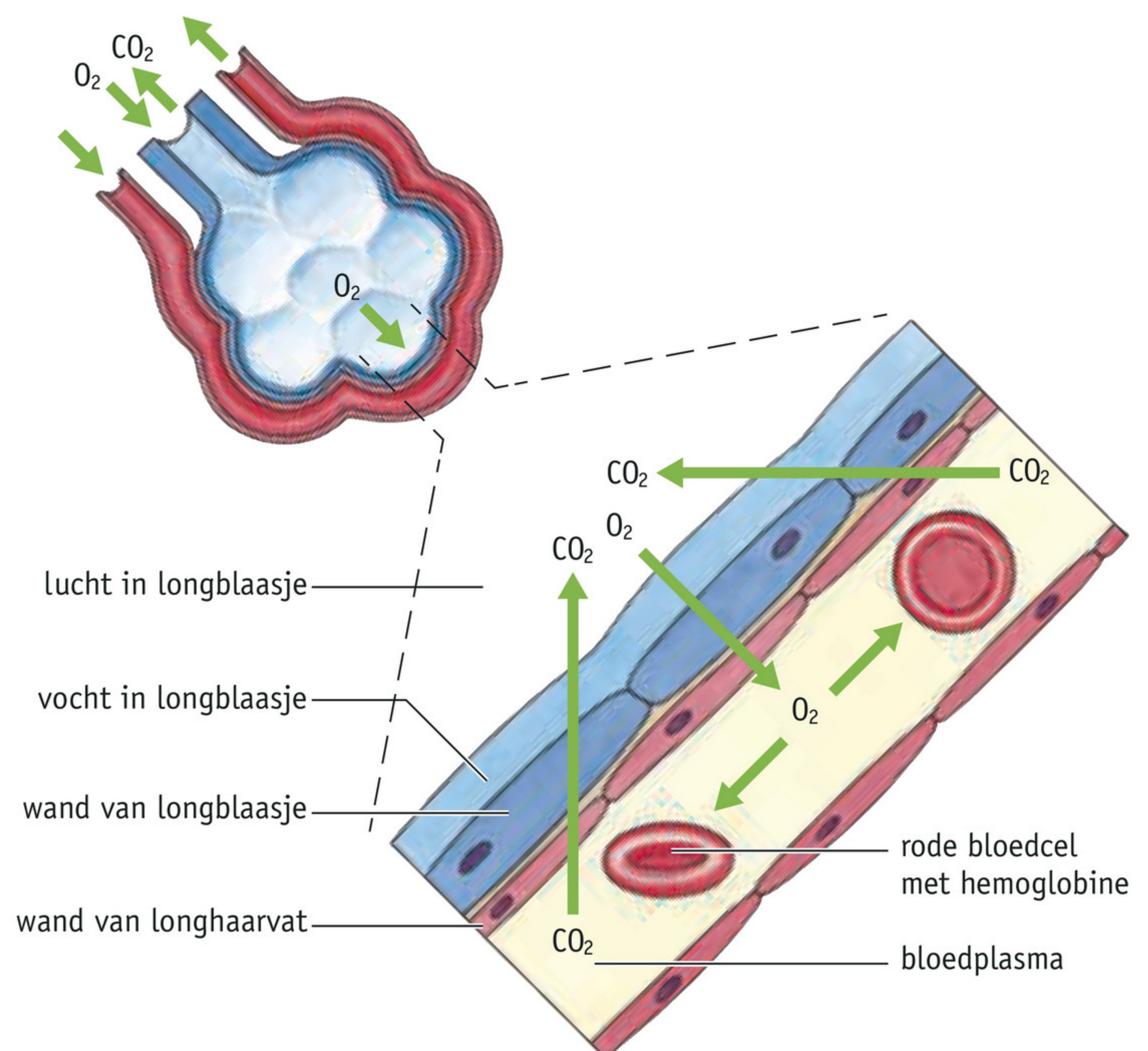
AANVOER VAN ZUURSTOF

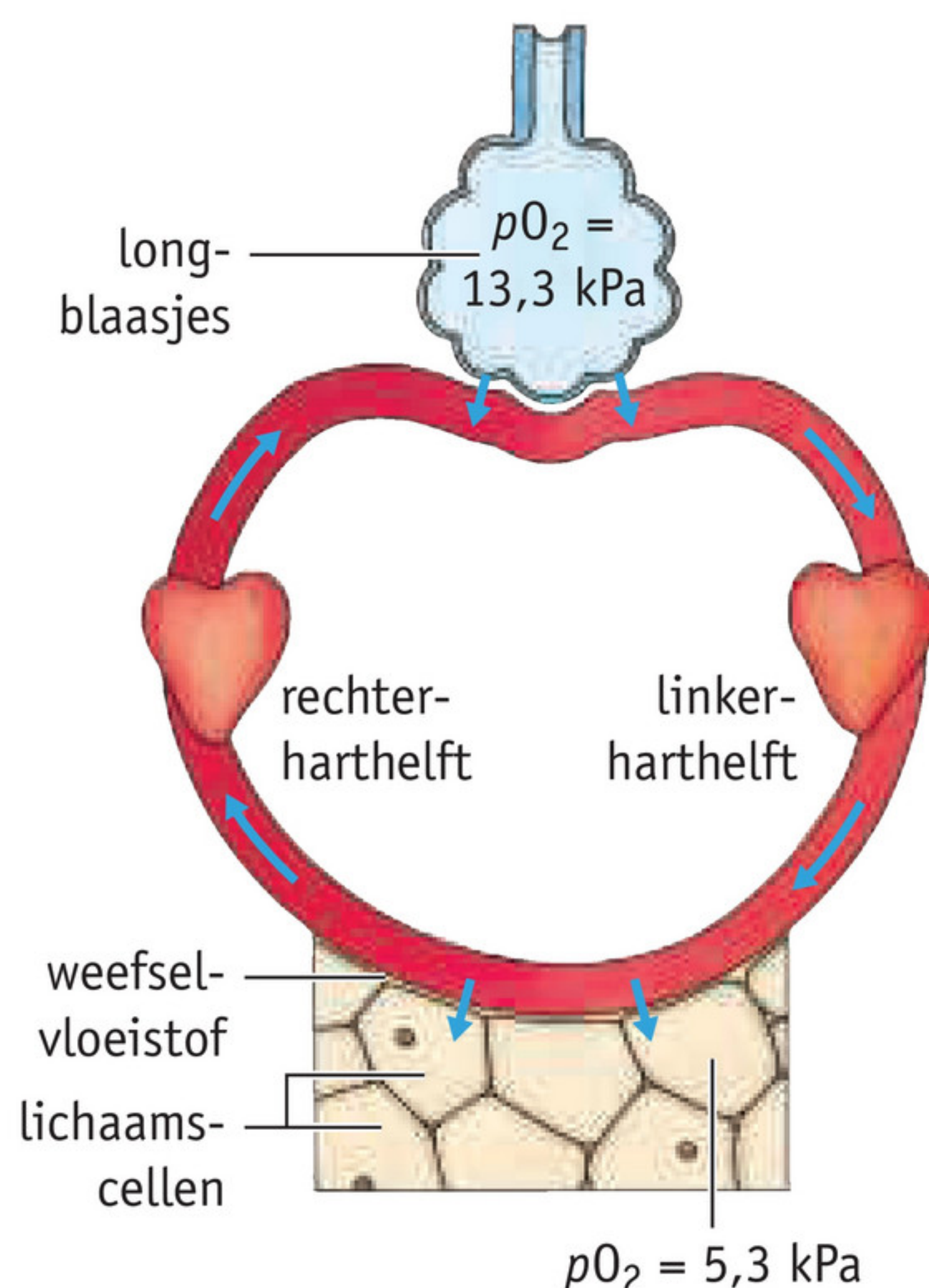
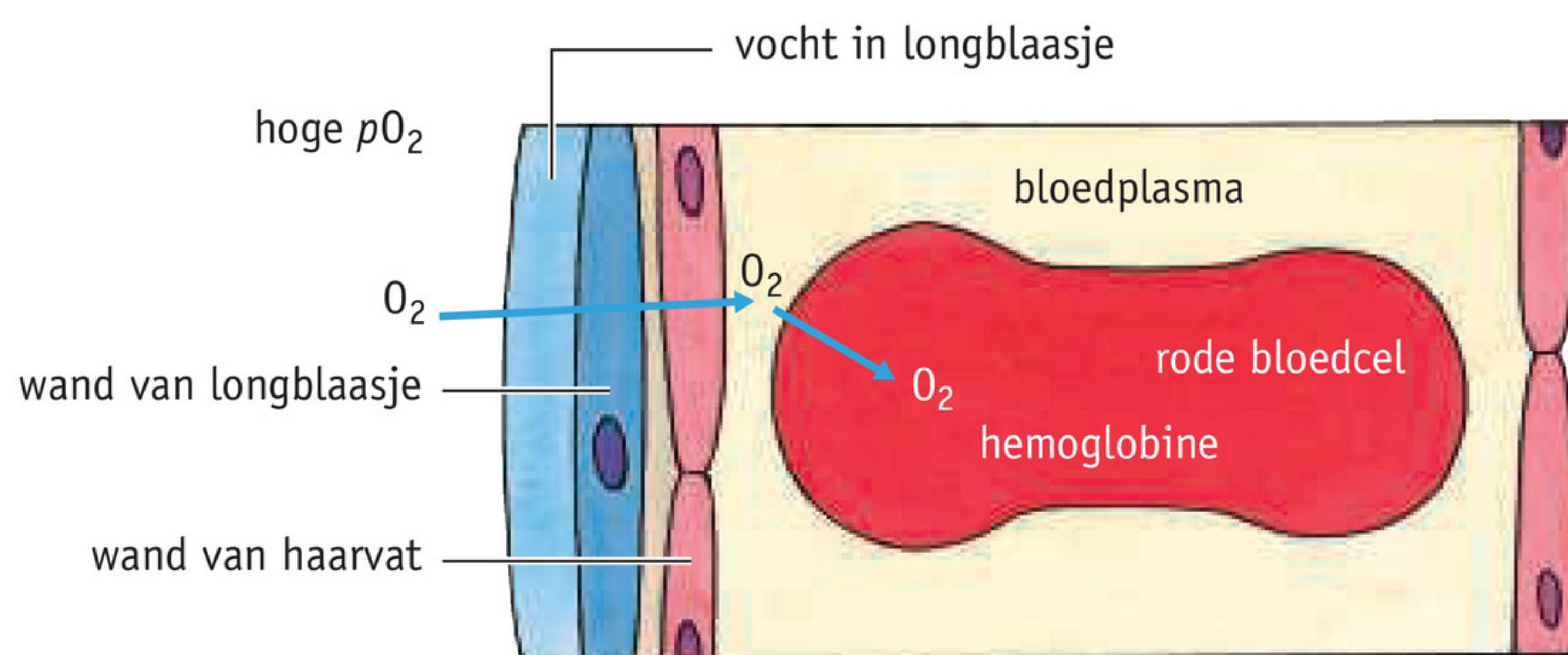
Actieve lichaamscellen verbruiken zuurstof. De **O₂-concentratie** in de cellen neemt daardoor af en de **CO₂-concentratie** neemt toe. Daardoor dreigt de homeostase te worden verstoord. Door de aanvoer van zuurstof en de afvoer van koolstofdioxide wordt de homeostase gehandhaafd.

In de longen vindt **diffusie** plaats van zuurstof vanuit de lucht in de longblaasjes naar het vocht in de longblaasjes. Vanuit dit vocht vindt diffusie plaats naar het bloed in de longhaarvaten (zie afbeelding 6). De diffusie van vocht naar bloed wordt vooral veroorzaakt door het verschil in zuurstofspanning tussen het vocht in de longblaasjes en het bloedplasma. De zuurstofspanning (pO_2 ofwel partiële zuurstofdruk) geeft aan hoe groot het aandeel zuurstofmoleculen in de vloeistof is. Het verschil in zuurstofspanning wordt gehandhaafd doordat de lucht in de longblaasjes voortdurend wordt verversd en door de aanvoer van zuurstofarm bloed langs de longblaasjes.

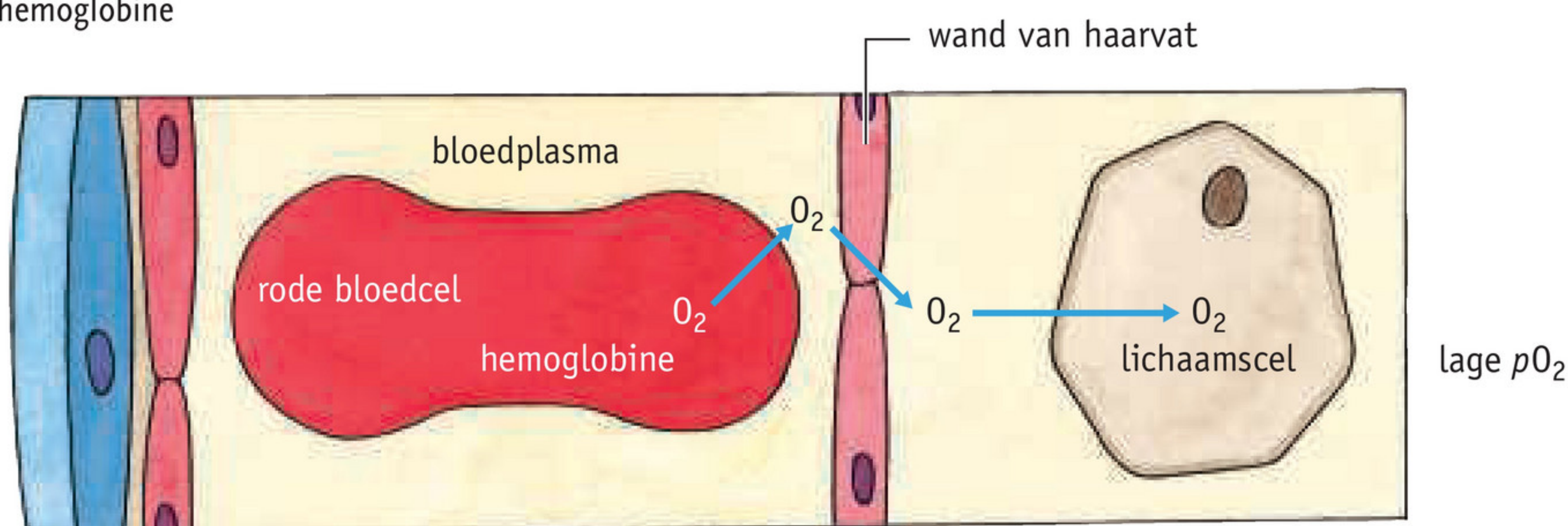
Bloed bevat koolstofdioxide. Dit is onder andere opgelost in het bloedplasma. Door het verschil in koolstofdioxidespanning (pCO_2) vindt diffusie plaats van het bloedplasma naar het vocht in de longblaasjes. Van daaruit wordt koolstofdioxide afgegeven aan de lucht in de longblaasjes.

- **Afb. 6** Gaswisseling tussen longblaasjes en longhaarvaten.



▼ **Afb. 7** Evenwichtsreactie.▼ **Afb. 8** De partiële zuurstofdruk ($p\text{O}_2$) van het bloed in de grote en kleine bloedsomloop bij een persoon in rust (schematisch).▼ **Afb. 9** Het transport van zuurstof.

1 binding van zuurstof aan hemoglobine



2 afgifte van zuurstof aan lichaamscellen

Lucht bestaat voor ongeveer 79% uit stikstof. Er is geen verschil in stikstofspanning ($p\text{N}_2$) tussen de lucht in de longblaasjes en het bloedplasma. Er gaan stikstofmoleculen vanuit de lucht in de longblaasjes naar het bloedplasma en er gaan evenveel stikstofmoleculen in omgekeerde richting.

TRANSPORT VAN ZUURSTOF

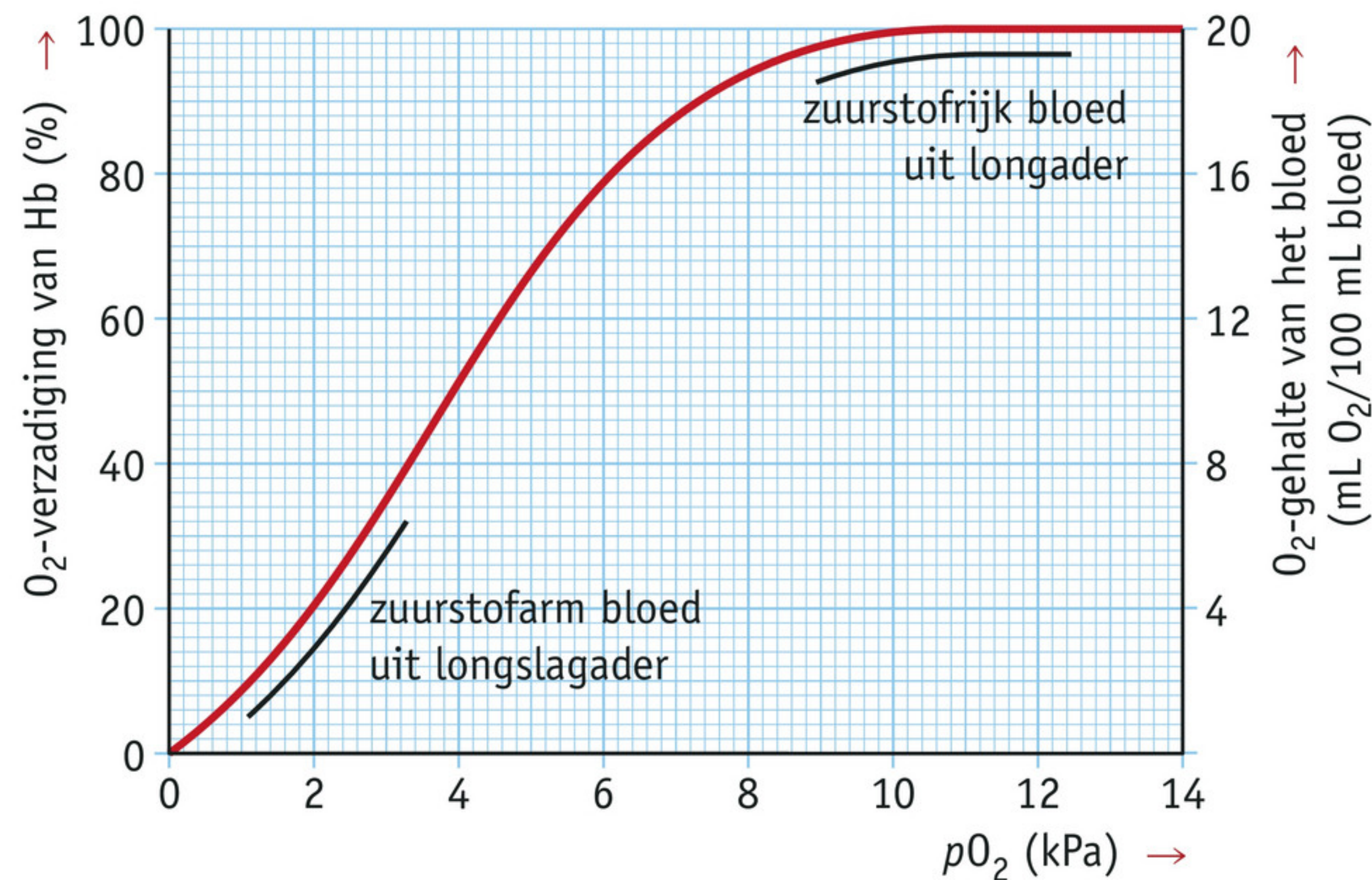
In bloedplasma kan slechts een kleine hoeveelheid zuurstof oplossen. De zuurstof in het bloed wordt vooral gebonden aan **hemoglobine** (Hb) in de rode bloedcellen. Deze reactie is een evenwichtsreactie (zie afbeelding 7). In een omgeving met een lage O_2 -concentratie verloopt de evenwichtsreactie naar links. In een omgeving met een hoge O_2 -concentratie verloopt de reactie naar rechts, zoals in de longhaarvaten (zie afbeelding 8). Als hemoglobine de maximale hoeveelheid zuurstof heeft gebonden, noem je haar verzadigd. Bloed met verzadigde hemoglobine is lichtrood. Bloed waarvan de hemoglobine weinig zuurstof heeft gebonden, is donkerrood.

De zuurstof diffundeert eerst vanuit de longblaasjes naar het bloedplasma. Het grootste deel van de zuurstof wordt in het bloedplasma meteen weggevangen door hemoglobine (zie afbeelding 9.1). Daardoor blijft de zuurstofconcentratie in het bloedplasma laag. Het concentratieverschil tussen de zuurstof in het vocht van de longblaasjes enerzijds en de zuurstof in het bloedplasma anderzijds, blijft daardoor groot. De diffusie blijft daardoor doorgaan. Pas als de hemoglobine vrijwel geheel met zuurstof is verzadigd, kan de zuurstofconcentratie van het bloedplasma gelijk worden aan die van het vocht in de longblaasjes. Organen verbruiken zuurstof, vooral als ze hard werken. Daardoor gaat de zuurstofconcentratie in de cellen van het orgaan omlaag. De zuurstof in de cellen wordt aangevuld door diffusie vanuit de omringende weefselvloeistof. De weefselvloeistof krijgt zijn zuurstof weer vanuit het bloed in de haarvaten. Het gevolg is dat de zuurstofconcentratie in de haarvaten daalt. In een omgeving met een lage zuurstofconcentratie kan hemoglobine de zuurstof niet meer vasthouden. De zuurstofmoleculen raken gemakkelijk los (zie afbeelding 9.2).

VERZADIGINGSKROMME

Hoeveel zuurstofmoleculen er vrijkomen, is afhankelijk van de pO_2 in een weefsel. Deze pO_2 is weer afhankelijk van de activiteit van de cellen van het weefsel. In een weefsel in rust is de pO_2 ongeveer 5,3 kPa; in een actief weefsel is de pO_2 veel lager. Het verband tussen de pO_2 van het interne milieu en het percentage verzadigde hemoglobine wordt weergegeven in een verzadigingskromme (zie afbeelding 10).

► **Afb. 10** De pO_2 -verzadigingskromme van hemoglobine.



TRANSPORT VAN KOOLSTOFDIOXIDE

Bij dissimilatie in cellen ontstaat koolstofdioxide. In de organen treedt door spanningsverschil diffusie op van koolstofdioxide naar het bloed in de haarvaten. Een klein deel van dit koolstofdioxide wordt als CO_2 door het bloedplasma vervoerd. Het grootste deel (70%) wordt vervoerd als waterstofcarbonaationen (HCO_3^-). Deze ionen ontstaan vooral in de rode bloedcellen, maar worden opgelost in het bloedplasma vervoerd. De rest van het opgenomen CO_2 (23%) wordt in rode bloedcellen vervoerd, gebonden aan hemoglobine.

In de longhaarvaten diffundeert het opgeloste CO_2 vanuit het bloedplasma naar het vocht van de longblaasjes. Het aan hemoglobine gebonden CO_2 komt vrij en diffundeert ook naar het vocht van de longblaasjes. De longen kunnen de uitscheiding van CO_2 reguleren door aanpassing van de diepte en de snelheid van de ademhaling. Daarmee worden schommelingen van de CO_2 -concentratie binnen de perken gehouden.

INVLOED VAN DE PH

De pH van het bloed is ook van invloed op de ligging van het evenwicht bij de reactie van afbeelding 7. De pH van het bloed wordt beïnvloed door de CO_2 -concentratie. Bij een weefsel met cellen in rust, is de pCO_2 ongeveer 2,7 kPa en heeft het bloed in de haarvaten een pH van ongeveer 7,4. In een actief weefsel is de pCO_2 een stuk hoger (tot 11 kPa). Door opname van veel CO_2 daalt de pH van het bloed in de haarvaten. Dat komt doordat CO_2 en H_2O samen H_2CO_3 vormen, dat op zijn beurt uiteenvalt in HCO_3^- en H^+ . Hierdoor verschuift het evenwicht bij de reactie van afbeelding 7 naar links: er komen meer zuurstofmoleculen vrij.

Ten slotte is ook de temperatuur van invloed op de ligging van het evenwicht. Hoe hoger de temperatuur, hoe meer zuurstof er vrijkomt uit hemoglobine.

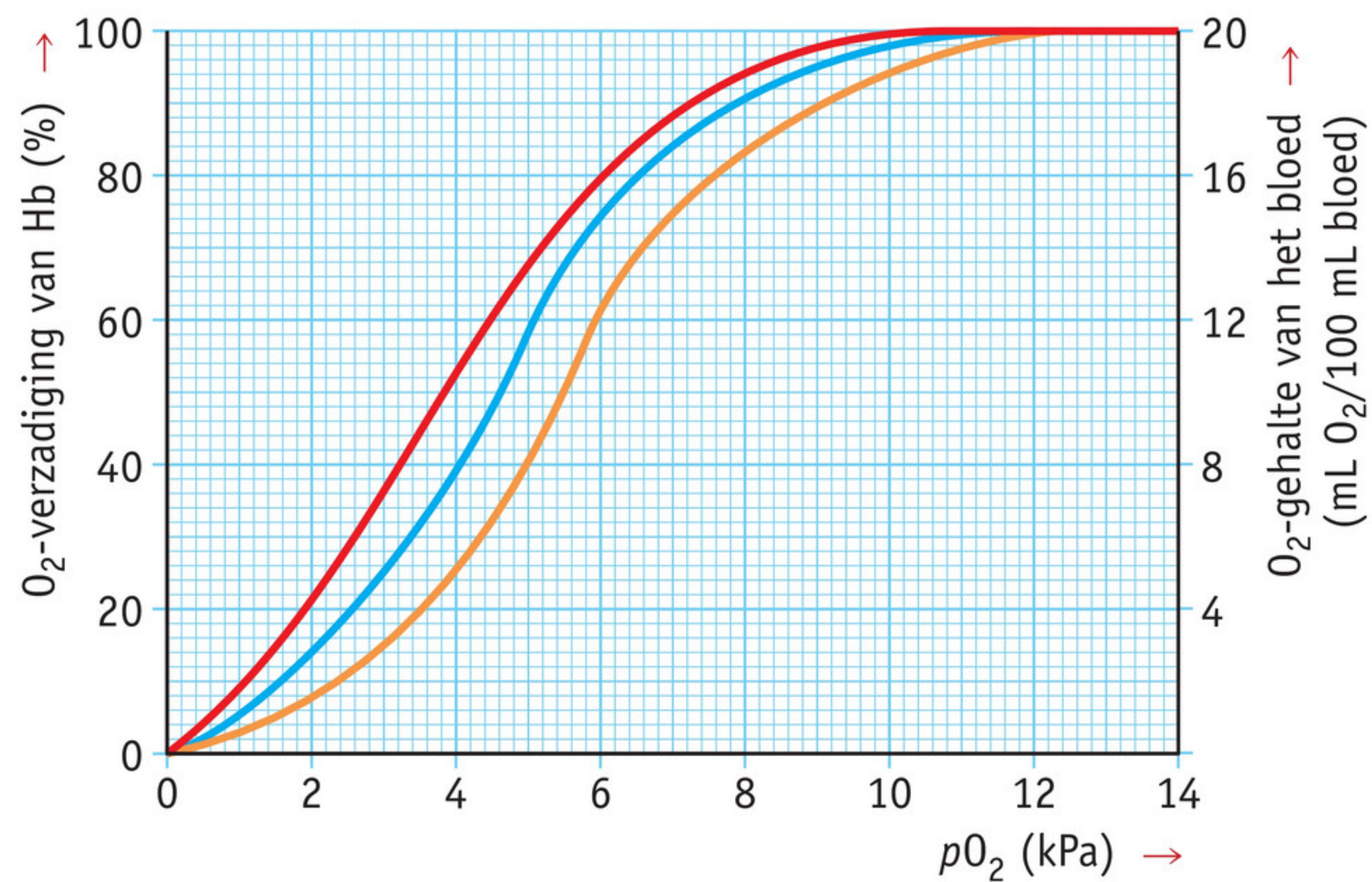
opdrachten

- 4 Is de pO_2 in het vocht in de longblaasjes lager of hoger dan die in het bloedplasma?
- 5 Wanneer de zuurstofconcentratie van het bloedplasma gelijk is geworden aan die van het vocht in de longblaasjes, heeft de hemoglobine in 100 mL bloed ongeveer 20 mL zuurstof gebonden. In het bloedplasma is dan ongeveer 0,5 mL zuurstof opgelost.
 - a Hoeveel procent van de zuurstof die wordt getransporteerd, is gebonden aan hemoglobine en hoeveel ervan is opgelost in het bloedplasma?
 - b De pO_2 van lucht in de longblaasjes is 13,3 kPa. Hoeveel procent van de hemoglobine raakt onder deze omstandigheden verzadigd (zie afbeelding 10)?
- 6 Bekijk afbeelding 10.
 - a Heeft een variërende pO_2 van de buitenlucht grote gevolgen voor de zuurstofopname in de longhaarvaten? Leg je antwoord uit.
 - b Hoeveel milliliter O_2 wordt door 100 mL bloed in de haarvaten van een weefsel in rust afgegeven? Noteer je berekening.
 - c Het is gunstig dat de verzadigingskromme van hemoglobine het steilst loopt bij pO_2 -waarden die in de weefsels voorkomen. Leg dit uit.
 - d In afbeelding 10 is de verzadigingskromme van hemoglobine weergegeven bij 37 °C. Bij hogere temperaturen ligt de verzadigingskromme rechts van deze kromme.
Leg uit wat dat betekent voor de afgifte van zuurstofmoleculen bij hogere temperaturen.

► **Afb. 11** Verzadigingskrommen van hemoglobine bij verschillende koolstofdioxideconcentraties.

Legenda:

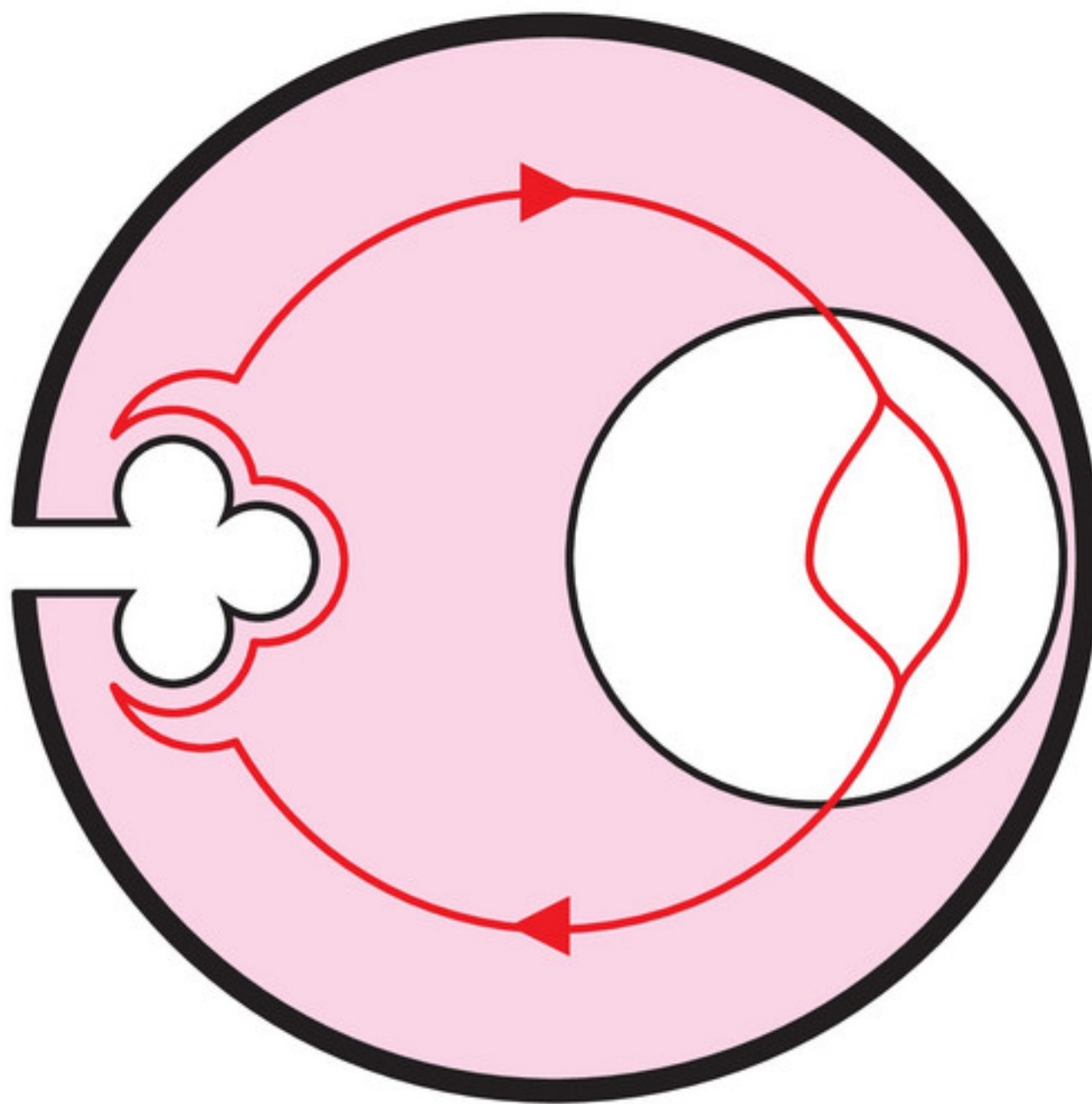
- $pCO_2 = 2,5$ kPa
- $pCO_2 = 5$ kPa
- $pCO_2 = 10$ kPa



- 7 In afbeelding 11 zijn verzadigingskrommen van hemoglobine weergegeven bij verschillende koolstofdioxideconcentraties.
 - a In weefsel P is de pO_2 5 kPa en de pCO_2 is ook 5 kPa. Hoeveel milliliter O_2 bevat 100 mL bloed onder deze omstandigheden?
 - b In weefsel Q is de pO_2 ook 5 kPa, maar de pCO_2 is gedaald tot 2,5 kPa. Hoeveel milliliter O_2 bevat 100 mL bloed onder deze omstandigheden?
 - c De pCO_2 van de weefsels heeft invloed op de ligging van het evenwicht bij de reactie van afbeelding 7. Welk voordeel heeft dit?

- 8 Koolstofmonoxide (CO) is een reukloos gas dat ontstaat door onvolledige verbranding in bijvoorbeeld verwarmingsketels. Onvolledige verbranding vindt plaats als er onvoldoende zuurstof is, bijvoorbeeld in een slecht geventileerde ruimte. Na inademing bindt CO op dezelfde plaats in het Hb-molecuul als O_2 , alleen ongeveer 200× zo sterk. Deze verbinding wordt daardoor niet gemakkelijk verbroken. Als je in een ruimte met 0,05% CO verblijft, raakt al bijna de helft van je hemoglobine met CO verzadigd. Welke gevolgen heeft het verblijf voor jou in zo'n ruimte?

▼ **Afb. 12** Gaswisseling bij de mens (schematisch).



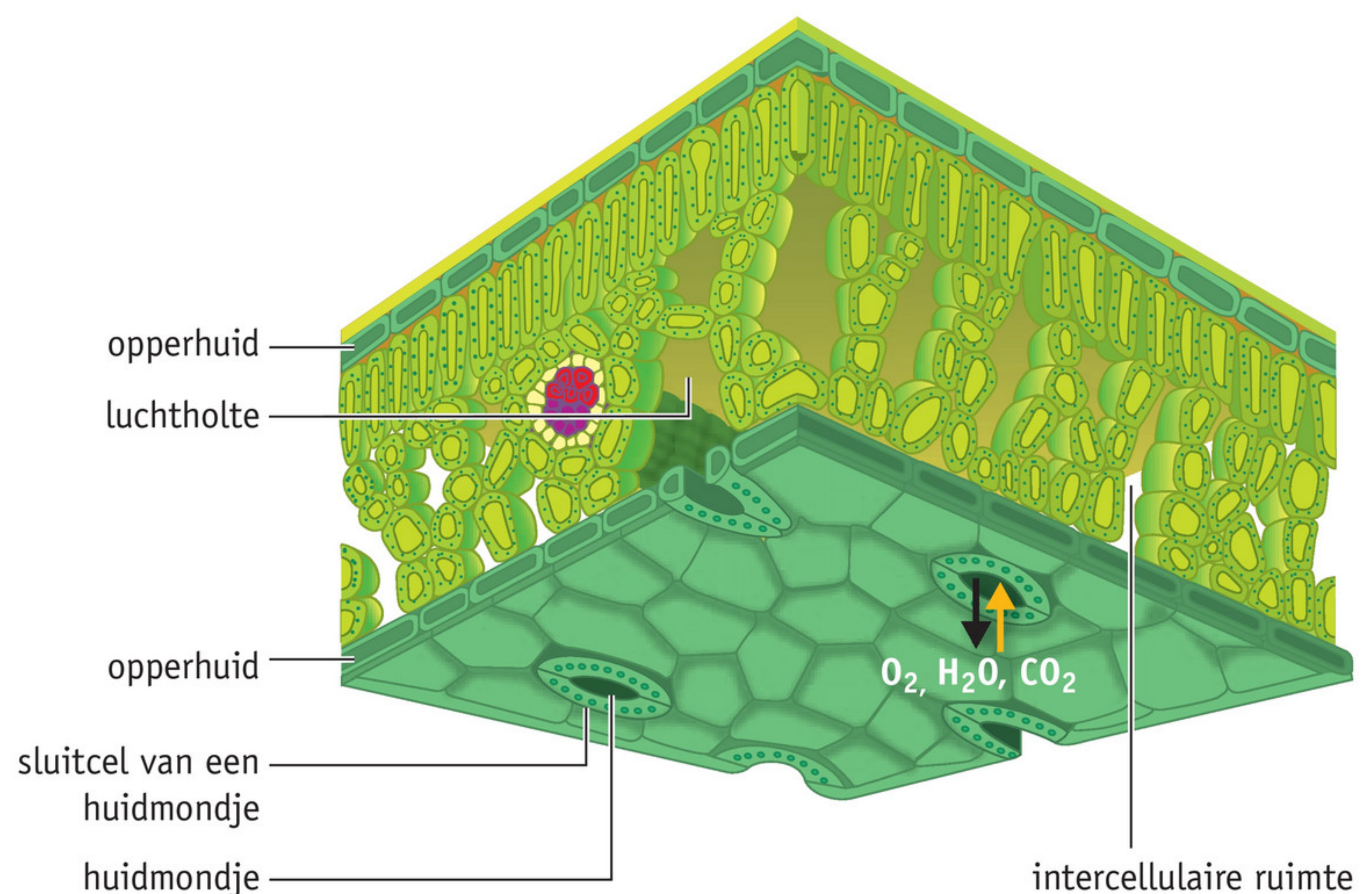
- 9 In afbeelding 12 zie je een schematische weergave van de gaswisseling bij de mens. De witte cirkel stelt de cellen voor.
- Wat stellen de volgende onderdelen voor: de grote cirkel aan de buitenkant, de instulping en de rode lijnen?
 - De grote cirkel aan de buitenkant is dik getekend. Wat is de reden hiervoor?
 - Maak twee vergelijkbare tekeningen: een van de gaswisseling bij insecten en een van de gaswisseling bij vissen. Schrijf bij elke tekening een korte toelichting. Maak gebruik van internet en boeken.

GASWISSELING BIJ PLANTEN

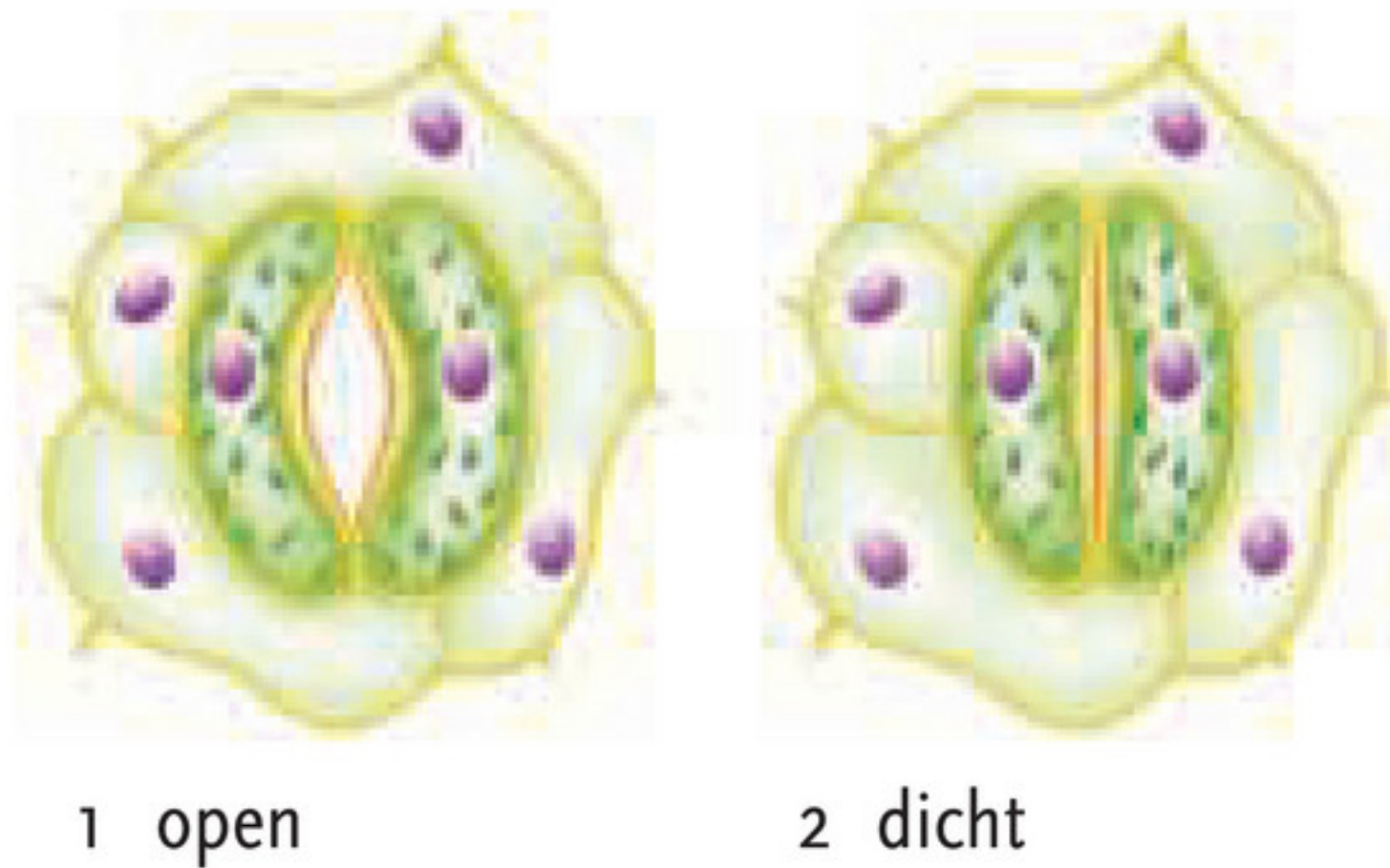
De opname en afgifte van zuurstof en koolstofdioxide door planten wordt ook gaswisseling genoemd. Planten hebben zuurstof nodig voor de verbranding (dissimilatie) en gebruiken koolstofdioxide voor de fotosynthese (koolstofassimilatie). Bij verbranding komt koolstofdioxide vrij, bij de fotosynthese produceert de plant zuurstof.

Zuurstof en koolstofdioxide worden door diffusie uitgewisseld tussen de bladcellen en de lucht via luchtholten en **huidmondjes**. Dat zijn kleine openingen in de opperhuid (zie afbeelding 13). Bij de meeste planten zitten de huidmondjes vooral aan de onderkant van de bladeren. Naast koolstofdioxide hebben planten veel water nodig voor hun groei. Slechts een klein deel van het opgenomen water wordt gebruikt voor koolstofassimilatie en celstrekking. De rest verdampt uit de luchtholten en intercellulaire ruimten naar buiten via de huidmondjes.

► **Afb. 13** Doorsnede van een blad (schematisch).



▼ **Afb. 14** Huidmondje (schematisch).



Een huidmondje is omgeven door twee **sluitcellen** (zie afbeelding 14). Deze kunnen het huidmondje openen en sluiten. Op die manier kunnen planten hun waterbehoefte regelen. Door watertekort neemt de turgor (de druk op de celwand) van de sluitcellen af. De sluitcellen zakken dan in elkaar. Daardoor komen ze tegen elkaar aan te liggen. De opening tussen de sluitcellen wordt kleiner en het huidmondje gaat ten slotte dicht. De plant zal daardoor minder vocht verliezen. Als de turgor van de sluitcellen door voldoende water toeneemt, wordt de opening tussen de sluitcellen groter. Het huidmondje gaat open.

's Nachts zijn vrijwel alle huidmondjes gesloten. Overdag staan ze bij de meeste planten open. Bij droge omstandigheden kunnen de huidmondjes ook overdag worden gesloten. Zo beperkt de plant waterverlies door verdamping. Een bijkomend effect is dat daardoor ook de intensiteit van de fotosynthese wordt beperkt.

► PRACTICUMOPDRACHT 1

opdrachten

- 10 In afbeelding 13 zie je de doorsnede van een blad.
 - a Leg uit dat het overdag sluiten van de huidmondjes de groei van planten beperkt.
 - b De turgor van de sluitcellen is afhankelijk van de osmotische waarde van het vacuolevocht.
Neemt de osmotische waarde van het vacuolevocht in de sluitcellen toe of af bij watertekort? Leg je antwoord uit.
 - c De meeste bladeren hebben een groot oppervlak voor de gaswisseling.
Waar bevindt zich dit grote oppervlak?
 - d Welke twee voordelen heeft dit grote oppervlak?
 - e Hoe is een groot gaswisselingsoppervlak bij de longen van de mens verwezenlijkt?
 - f Hoe is een groot gaswisselingsoppervlak bij de kieuwen van een vis verwezenlijkt? Gebruik eventueel boeken en/of internet.
 - g Een stofzuigerslang is voorzien van ringen, zodat hij niet dichtklapt als je gaat stofzuigen.
Leg uit hoe dit is verwezenlijkt bij de luchtpijp van de mens, de tracheeën van een insect en de houtvaten van een plant. Maak eventueel gebruik van boeken en/of internet.
- 11 Om te bepalen hoeveel koolstofdioxide er vroeger in de lucht zat, wordt het aantal huidmondjes per vierkante centimeter in fossiele bladeren gemeten. Het aantal huidmondjes per oppervlakte-eenheid is omgekeerd evenredig met de CO_2 -concentratie in de lucht.
Is de dichtheid van huidmondjes in bladeren van de wintereik de laatste tweehonderd jaar toe- of afgenomen? Leg je antwoord uit.

CONTEXT

Leefwereld

Van kwaad tot erger

COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease) is een chronische longziekte. Er zijn twee vormen van COPD: chronische bronchitis en longemfyseem. Bij mensen met COPD gaat ademen moeilijk en kosten dagelijkse activiteiten veel energie. Van de 400 000 mensen in Nederland die COPD hebben, sterven er jaarlijks zo'n achtduizend als gevolg van de ziekte.

Veel mensen met COPD krijgen inhalatiemedicijnen: puffers (zie afbeelding 15). De meeste patiënten krijgen in de beginperiode van de ziekte luchtwegverwijders. Het merendeel van de patiënten krijgt ook inhalatiecorticosteroïden: ontstekingsremmers.

En daar ligt vooral het probleem, zegt longarts en onderzoeker Franssen: 'Uit de wetenschappelijke literatuur blijkt dat die inhalatiecorticosteroïden heel belangrijk zijn voor mensen met astma, een ziekte die ontstaat door de overgevoeligheid van de bronchiënwand voor bepaalde prikkels, maar bij COPD ligt het anders. Alleen in ernstige gevallen hebben die medicijnen nut. Maar in de dagelijkse praktijk krijgen óók patiënten met een milde tot matige COPD een onderhoudsbehandeling met inhalatiecorticosteroïden, met als mogelijk gevolg een dunnere huid, kwetsbaardere bloedvaten, botontkalking, schimmelinfecties in de mond en keel, en een hoger risico op longontsteking.' Franssen draait er niet omheen: de bijwerkingen van inhalatiemedicijnen tegen COPD zijn niet mis. Bron: *de Volkskrant*, 5 maart 2016.

▼ **Afb. 15** Inhalators voor mensen met COPD.



opdracht

- 12 Bij het beantwoorden van de vragen kun je gebruikmaken van informatie op internet, bijvoorbeeld van het Longfonds.
 - a Beschrijf voor beide vormen van COPD wat er aan de hand is met het ademhalingsstelsel.
 - b Mensen met COPD hebben verschillende klachten (symptomen). Hoe kun je de symptomen van COPD verklaren? Leg uit wat het verband is tussen de ziekte en de symptomen.
 - c Bijna altijd is roken de oorzaak van COPD. Noteer minstens drie andere oorzaken.
 - d Een groot probleem is volgens longarts Franssen dat bijna alle studies naar inhalatiemedicatie worden gesponsord door de farmaceutische industrie. Onafhankelijk onderzoek is er bijna niet. Waardoor zou de arts dit een probleem vinden?



Leerdoelen

- Je kunt beschrijven op welke wijze longventilatie tot stand komt.
- Je kunt beschrijven hoe het longvolume verandert tijdens ventilatiebewegingen.

2 Longventilatie

‘Hij pompte alle lucht in zijn machtige borstkas, liep rood aan, bezwijmde bijna ...’, schrijft Maarten ’t Hart in *Het longvolume*. Hij kan geen orde houden in 4 havo en laat twee raddraaiers elke les even blazen. Daar worden ze rustig van.

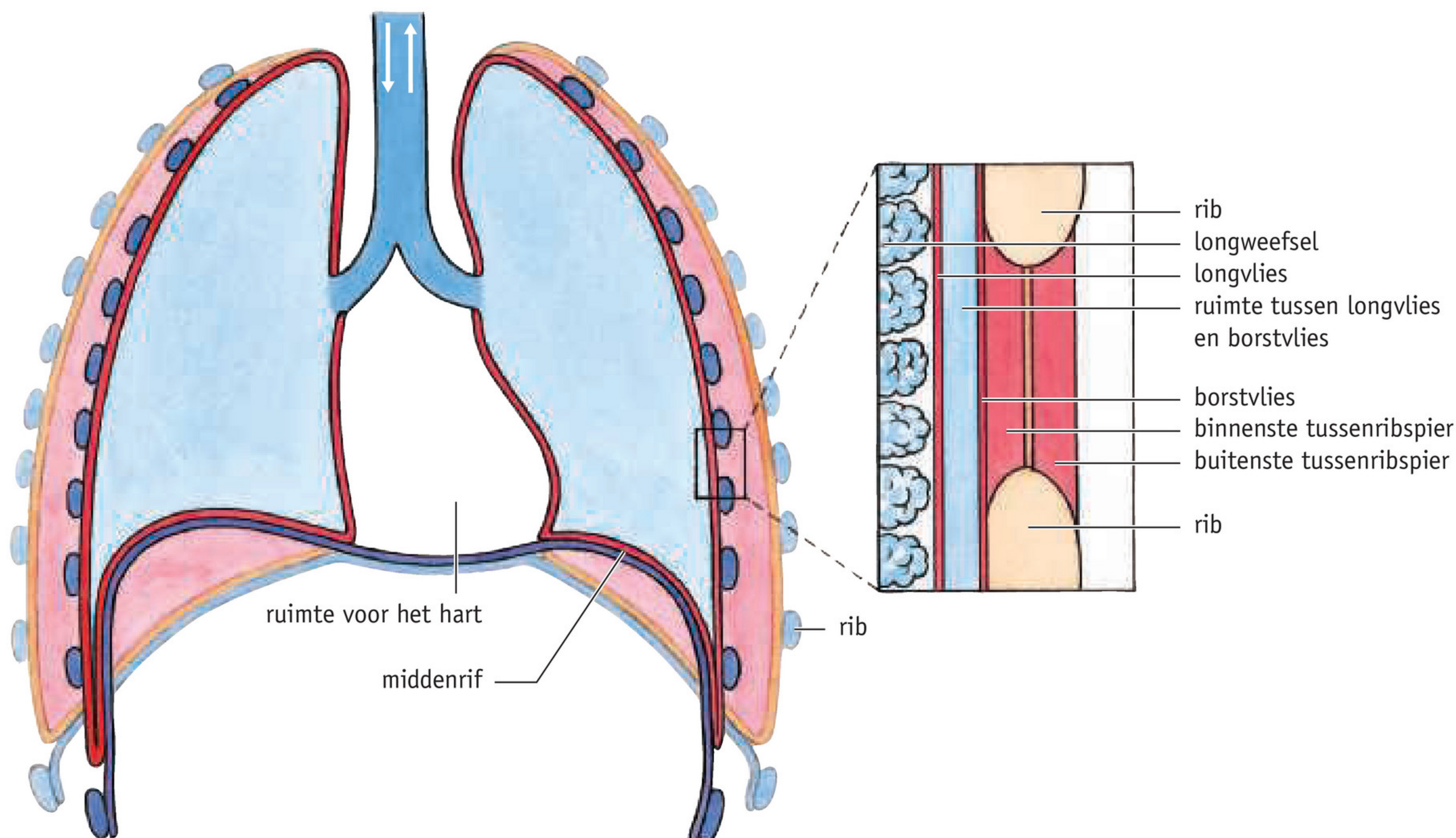
DE BORSTHOLTE

De longen liggen in de borstholte. De borstholte is aan de onderkant begrensd door het middenrif. Het middenrif is een koepelvormige, gespierde plaat. De zijwanden van de borstholte worden gevormd door de ribben en de binnenste en buitenste tussenribspieren (zie afbeelding 16). Elke long is omgeven door twee vliezen. Het **longvlies** ligt tegen de longen aan en is ermee vergroeid. Het **borstvlies** is vergroeid met de ribben, de binnenste tussenribspieren en het middenrif.

De ruimte tussen longvlies en borstvlies is uiterst dun. Er zit geen lucht in, maar vloeistof. Door het dunne laagje vloeistof in deze ruimte kunnen longvlies en borstvlies niet van elkaar af gaan, maar wel ten opzichte van elkaar schuiven. Hierdoor wordt voorkomen dat ruwe, plotselinge bewegingen van het bovenlichaam leiden tot scheurtjes in het tere longweefsel.

Het longweefsel is elastisch. Het verkeert in een ‘uitgerekte’ toestand doordat er door de borstkas aan wordt getrokken. Hierdoor heerst er in de ruimte tussen longvlies en borstvlies een druk die lager is dan de druk van de buitenlucht.

▼ **Afb. 16** Doorsnede van de borstholte met longen (schematisch).

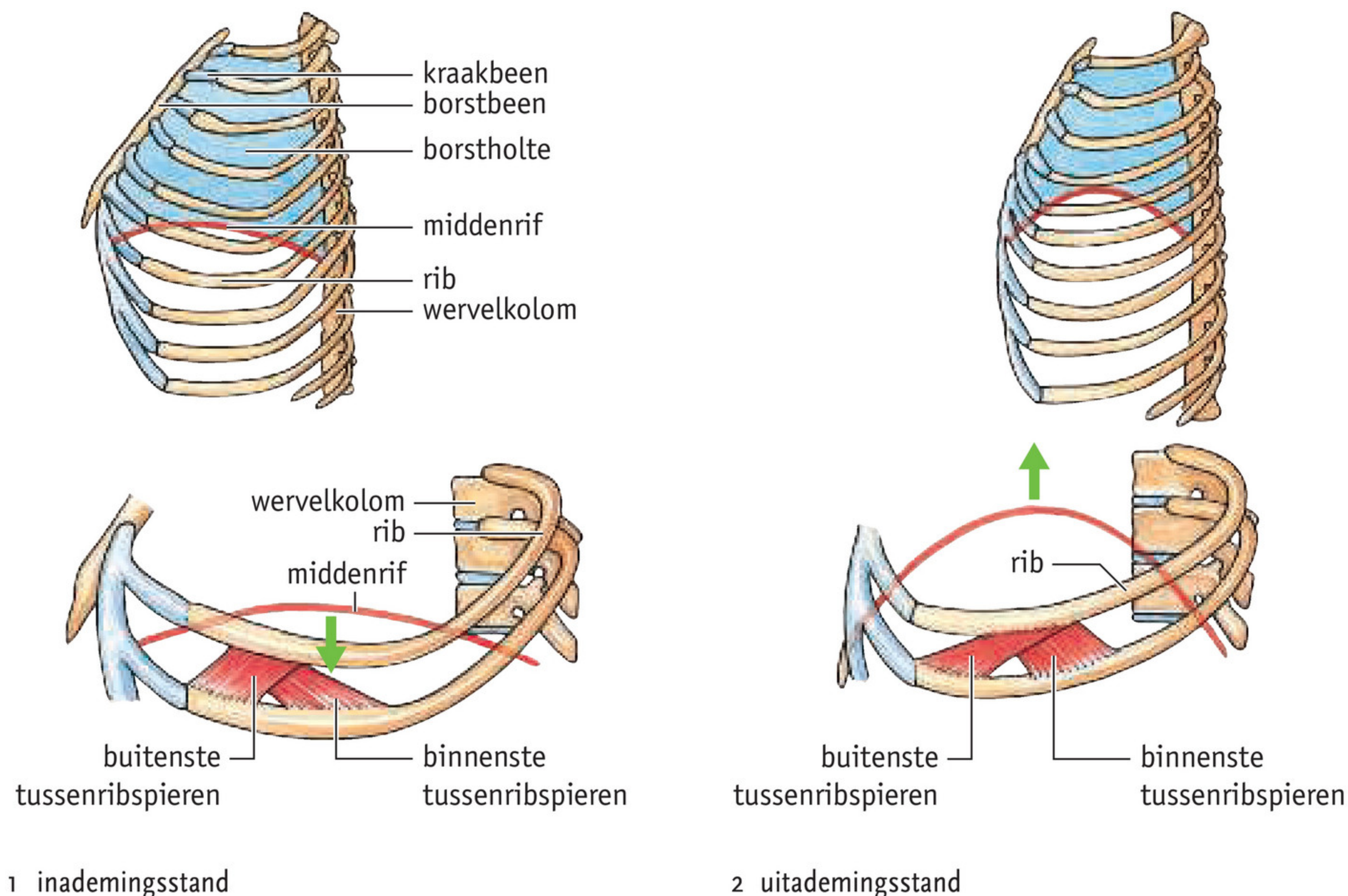


RUSTIG IN- EN UITADEMEN

Door **ventilatiebewegingen** wordt de lucht in de longen voortdurend verversd. Daardoor worden de O_2 - en CO_2 -concentratie in het bloed constant gehouden. Inademingen en uitademingen komen tot stand door bewegingen van ribben, borstbeen en middenrif. Bij **ribademhaling** (of **borstademhaling**) bewegen de ribben en het borstbeen. Bij **middenrifademhaling** (of **buikademhaling**) beweegt het middenrif. Als je normaal ademhaalt, vinden de ventilatiebewegingen van ribademhaling en middenrifademhaling tegelijkertijd plaats.

Een rustige inademing komt tot stand doordat de buitenste tussenribspieren zich samentrekken. De ribben en het borstbeen worden daardoor omhoog en naar voren getrokken. Tegelijkertijd trekken de middenrifspieren zich samen. Daardoor plat het middenrif af (zie afbeelding 17), worden de organen in de buikholte weggedrukt en komt de buikwand iets naar voren. Deze bewegingen van ribben, borstbeen en middenrif veroorzaken een volumevergroting van de borstholte. Hierdoor nemen ook de longen in volume toe. Tijdens deze volumevergroting is de luchtdruk in de longen lager dan de druk van de buitenlucht. Het gevolg is dat lucht van buiten de longen in wordt gezogen.

▼ **Afb. 17** Zijaanzicht van de borstholte (schematisch).



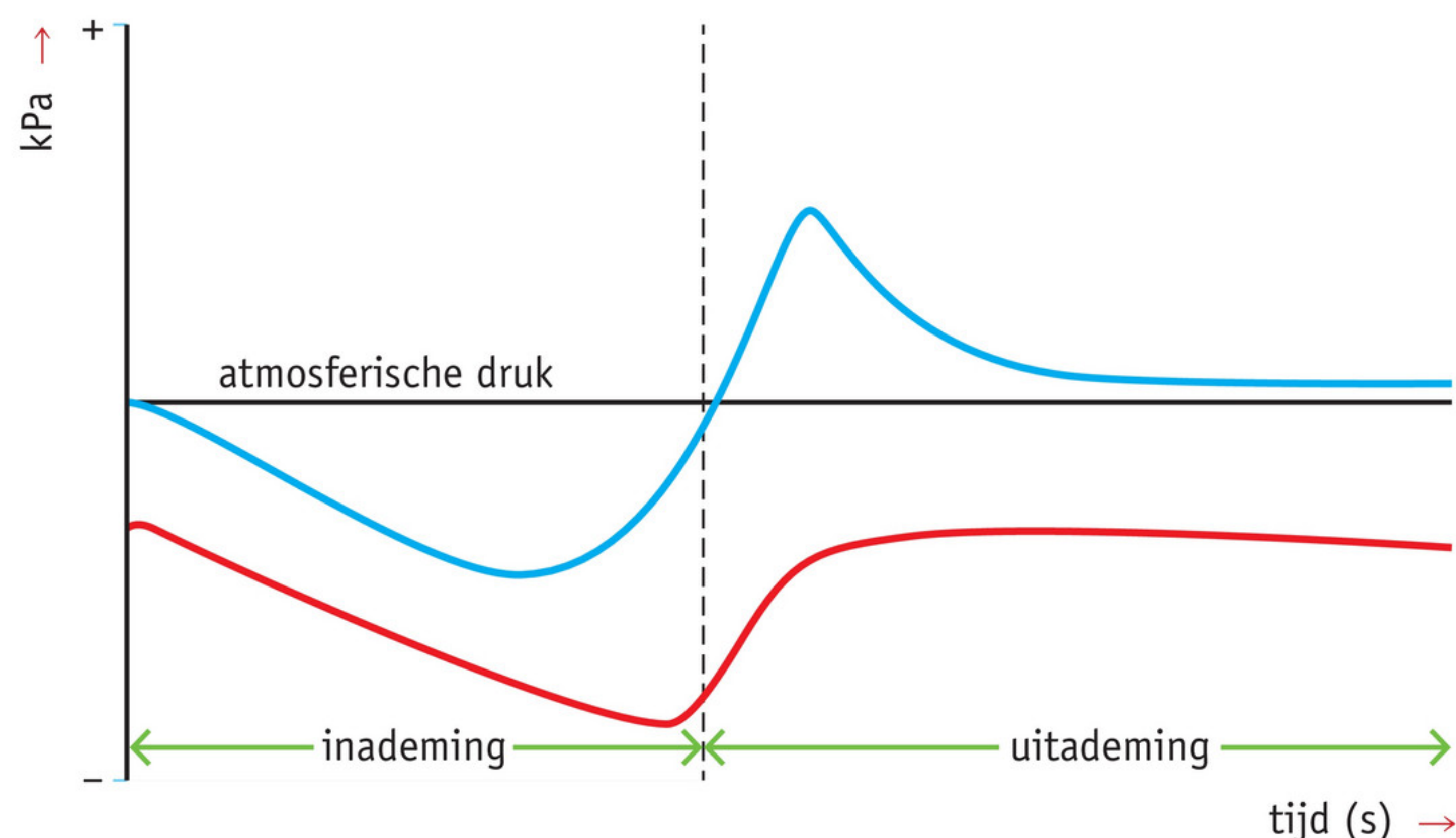
Een rustige uitademing komt passief tot stand. De spieren die een inademing hebben veroorzaakt, ontspannen zich. De veerkracht van de zijwanden van de borstholte en de elasticiteit van het longweefsel zorgen ervoor dat de ribben en het borstbeen terugkeren in hun oorspronkelijke stand. Door de elasticiteit van de buikwand en de druk in de buikholte wordt het middenrif teruggeduwd in zijn koepelvormige stand (zie afbeelding 17.2). Daardoor wordt het volume van de borstholte en de longen kleiner. Tijdens deze volumeverkleining is de luchtdruk in de longen hoger dan de druk van de buitenlucht. Hierdoor stroomt er lucht naar buiten.

DIEP IN- EN UITADEMEN

Bij een diepe inademing trekken spieren in de hals zich samen. Hierdoor gaan de ribben en het borstbeen nog verder omhoog en naar voren. Bij een diepe uitademing (bijvoorbeeld bij hoesten) trekken de binnenste tussenribspieren

zich samen. Daardoor wordt de borstkas extra klein gemaakt. Bovendien kunnen spieren in de buikwand zich samentrekken. Door de verhoogde druk in de buikholte wordt het middenrif omhooggeduwd. In afbeelding 18 is het verloop van de luchtdruk in de longblaasjes en de ruimte tussen borstvlies en longvlies schematisch weergegeven.

► **Afb. 18** Verloop van de luchtdruk in de longblaasjes en de ruimte tussen borstvlies en longvlies.



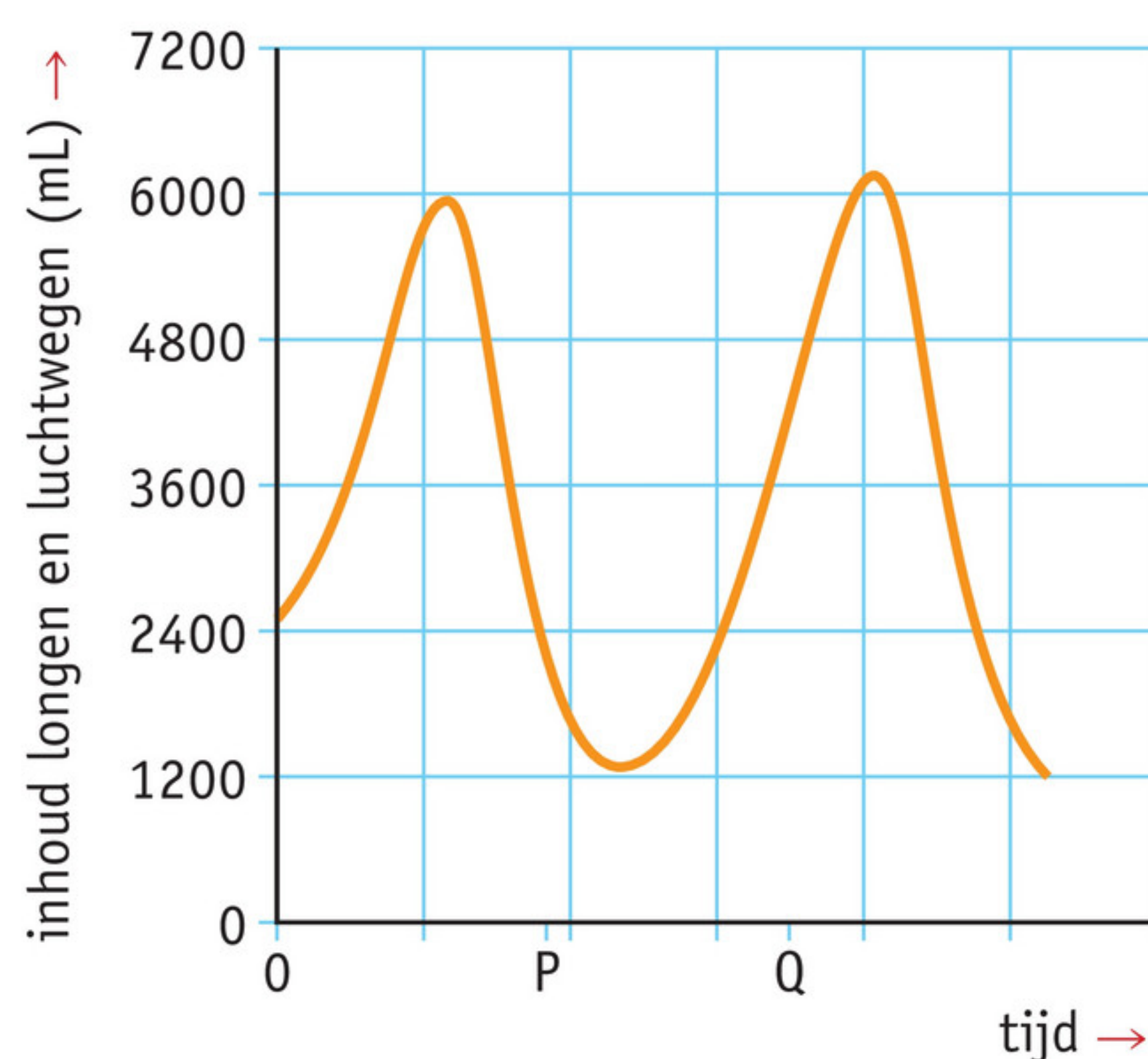
Legenda:

- druk in de longblaasjes
- druk in de ruimten tussen borstvlies en longvlies

opdrachten

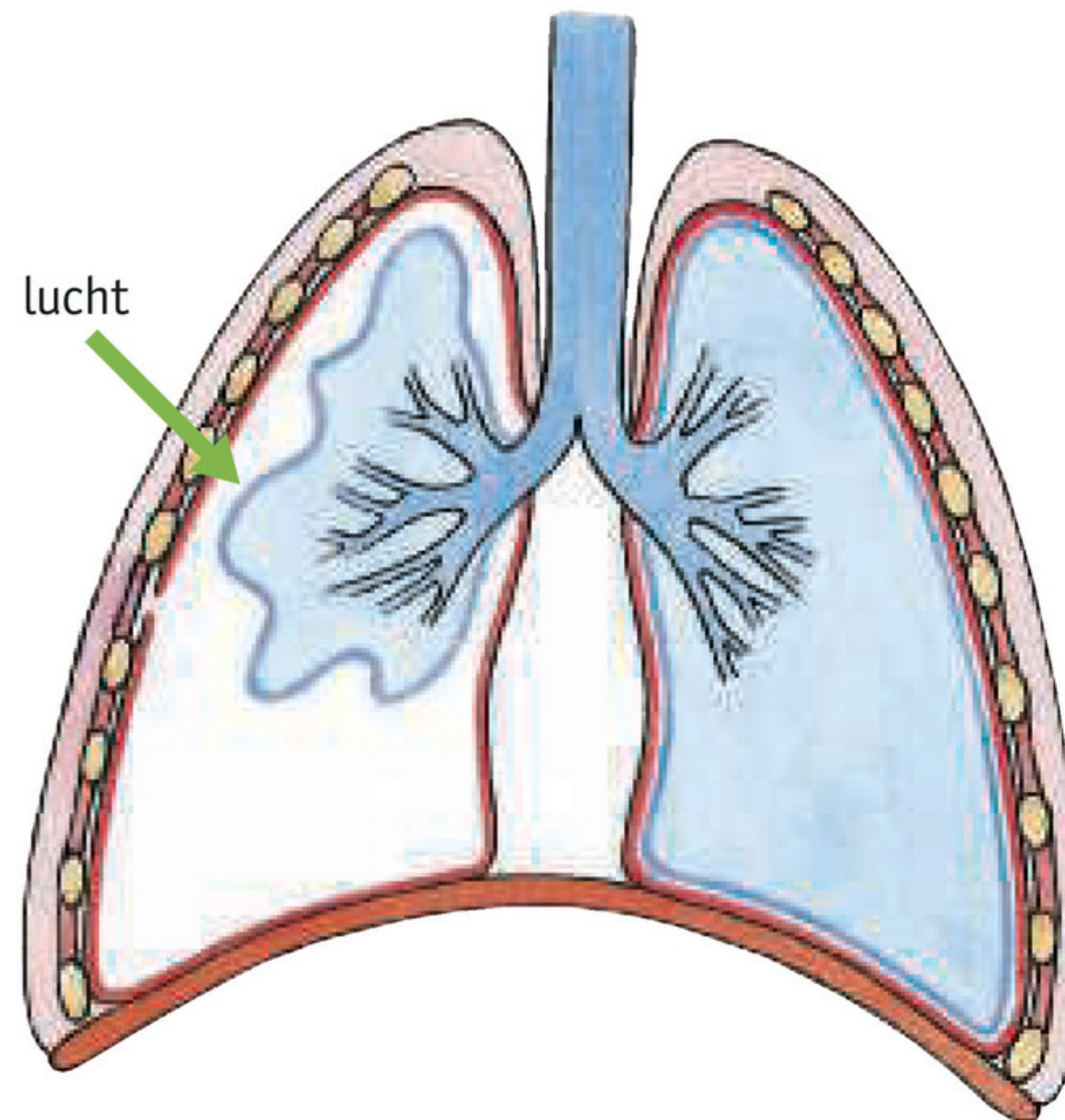
- 13 Bij een diepe inademing zijn meerdere spieren betrokken.
 - a Welke spieren trekken zich samen bij een diepe inademing?
 - b Vrouwen die hoogzwanger zijn, kunnen niet diep inademen. Leg dat uit.
- 14 Het longvolume van een rustig ademende persoon wordt gedurende enige tijd gemeten. In afbeelding 19 zijn de resultaten van deze metingen uitgezet.
 - a Trekken spieren zich samen op tijdstip P? Leg je antwoord uit.
 - b Is de $p\text{CO}_2$ in de luchtpijp op tijdstip P hoger of lager dan op tijdstip Q? Leg je antwoord uit.

► **Afb. 19** Resultaten van de meting.



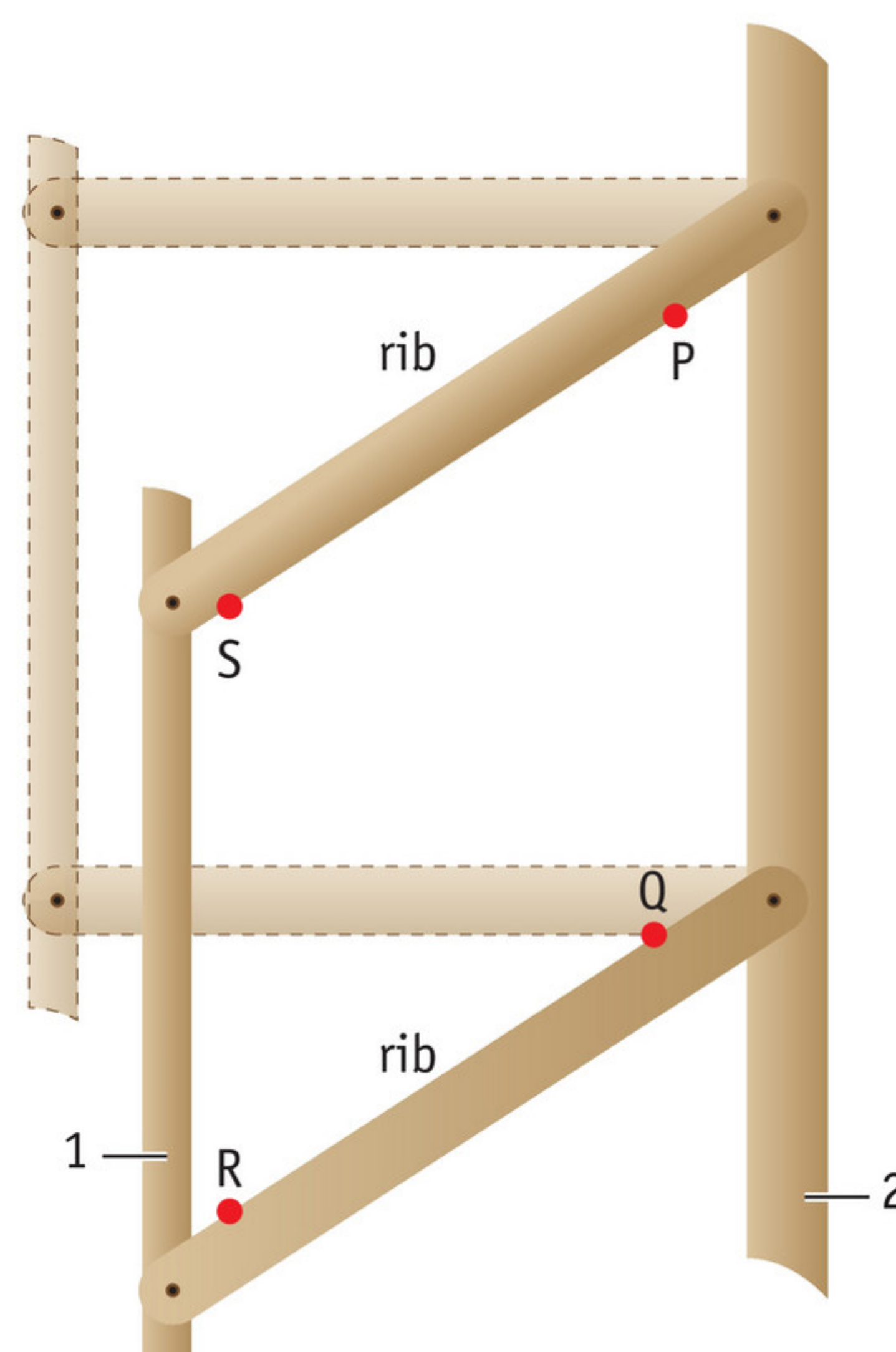
- 15 Als bij een long een scheurtje in het borstvlies ontstaat, komt er lucht tussen het borstvlies en longvlies. Je noemt dit een klaplong (zie afbeelding 20).
- Wat zal het gevolg zijn van een klaplong voor een inademing?
 - Als iemand een klaplong heeft, kijkt de arts met een röntgenfoto of er geen ribben zijn gebroken.
Wat is de relatie tussen een ribbreuk en een klaplong?
 - Waardoor klappt een long in als er lucht komt tussen borstvlies en longvlies?

► **Afb. 20** Een klaplong.



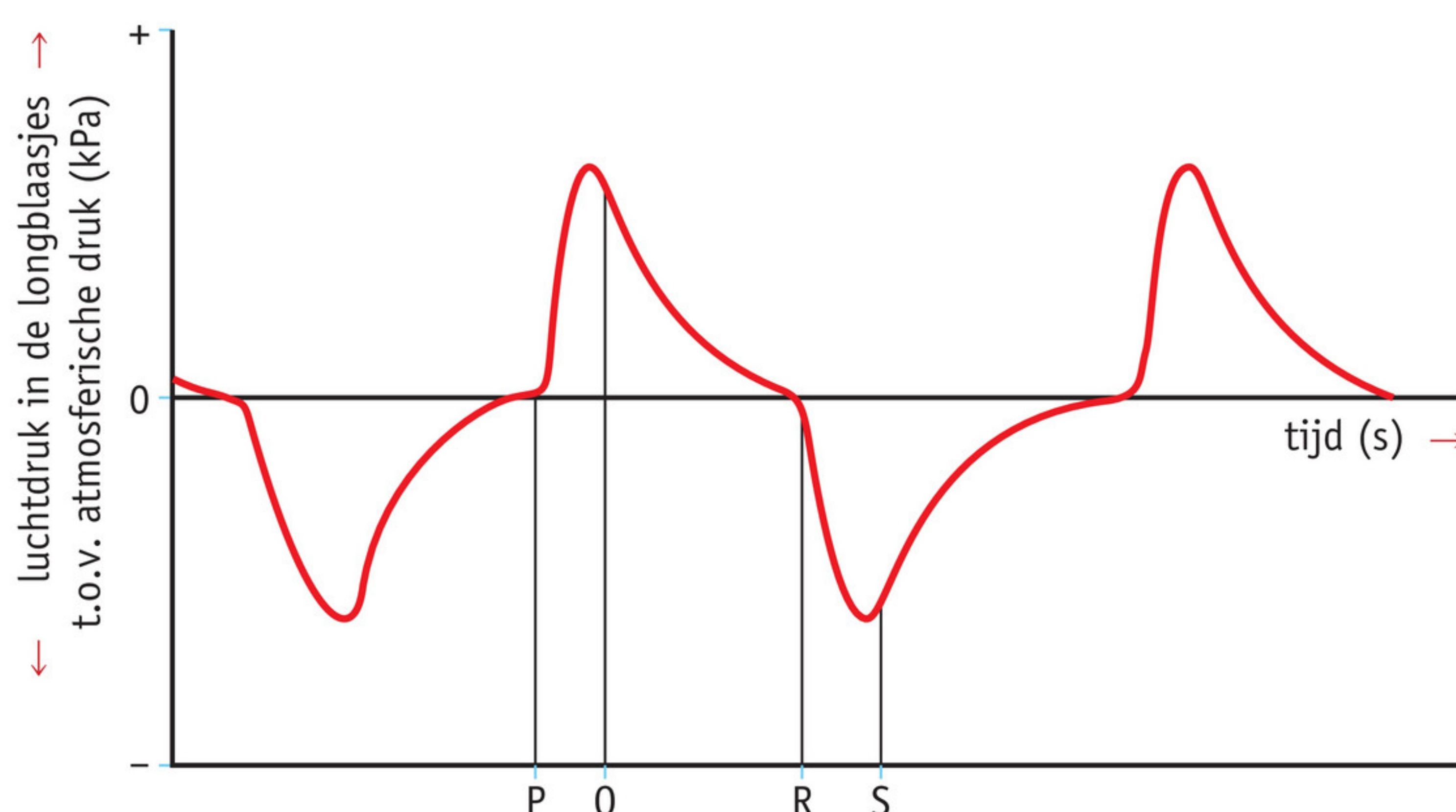
- 16 In afbeelding 21 is een model getekend waarmee de ventilatiebewegingen van ribben en borstbeen kunnen worden nagebootst. P, Q, R en S stellen aanhechtingsplaatsen van tussenribspieren voor.
- Benoem onderdeel 1 en 2.
 - Tussen welke aanhechtingsplaatsen bevindt zich een tussenribspier die bij samentrekking een inademing veroorzaakt?
 - Tussen welke aanhechtingsplaatsen bevindt zich een tussenribspier die bij samentrekking een uitademing veroorzaakt?
 - Wanneer trekt de tussenribspier tussen S en Q zich samen: bij een rustige uitademing, bij een diepe uitademing of bij beide?

► **Afb. 21** Een model van ventilatiebewegingen.



- 17 Afbeelding 22 is een diagram van het verloop van de luchtdruk in de longblaasjes gedurende enkele opeenvolgende ventilatiebewegingen. Vier momenten zijn met letters aangegeven.
- Welk moment geeft het begin van een inademing weer? Welk moment geeft het begin van een uitademing weer? Leg je antwoord uit.
 - Daalt of stijgt de druk in de ruimte tussen borstvlies en longvlies bij het begin van een inademing? En bij het begin van een uitademing?
 - Op welk moment is de druk in de ruimte tussen borstvlies en longvlies het laagst?
 - Op welk moment stroomt per tijdseenheid de meeste lucht de longen in? Leg uit waardoor dat komt.
 - Op welk moment is de zuurstofconcentratie van de lucht in de luchtpijp het hoogst?

► **Afb. 22** Verloop van de luchtdruk in de longblaasjes.



ADEM VOLUME

Een volwassen persoon die rustig ademhaalt, ademt per ademhaling ongeveer 0,5 L lucht in en uit. Je noemt deze hoeveelheid het **ademvolume**. Niet al deze lucht bereikt de longblaasjes. Ongeveer 150 mL lucht komt niet verder dan de **dode ruimte** (bronchiën, luchtpijp en keel- of neusholte). De lucht in de dode ruimte doet dus niet mee aan de gaswisseling bij de longblaasjes. Deze lucht wordt bij de volgende uitademing ‘ongebruikt’ weer uitgeademd. Doordat deze lucht zich mengt met uitgeademde lucht uit de longblaasjes, ontstaan verschillen in samenstelling tussen uitgeademde lucht en lucht in de longblaasjes.

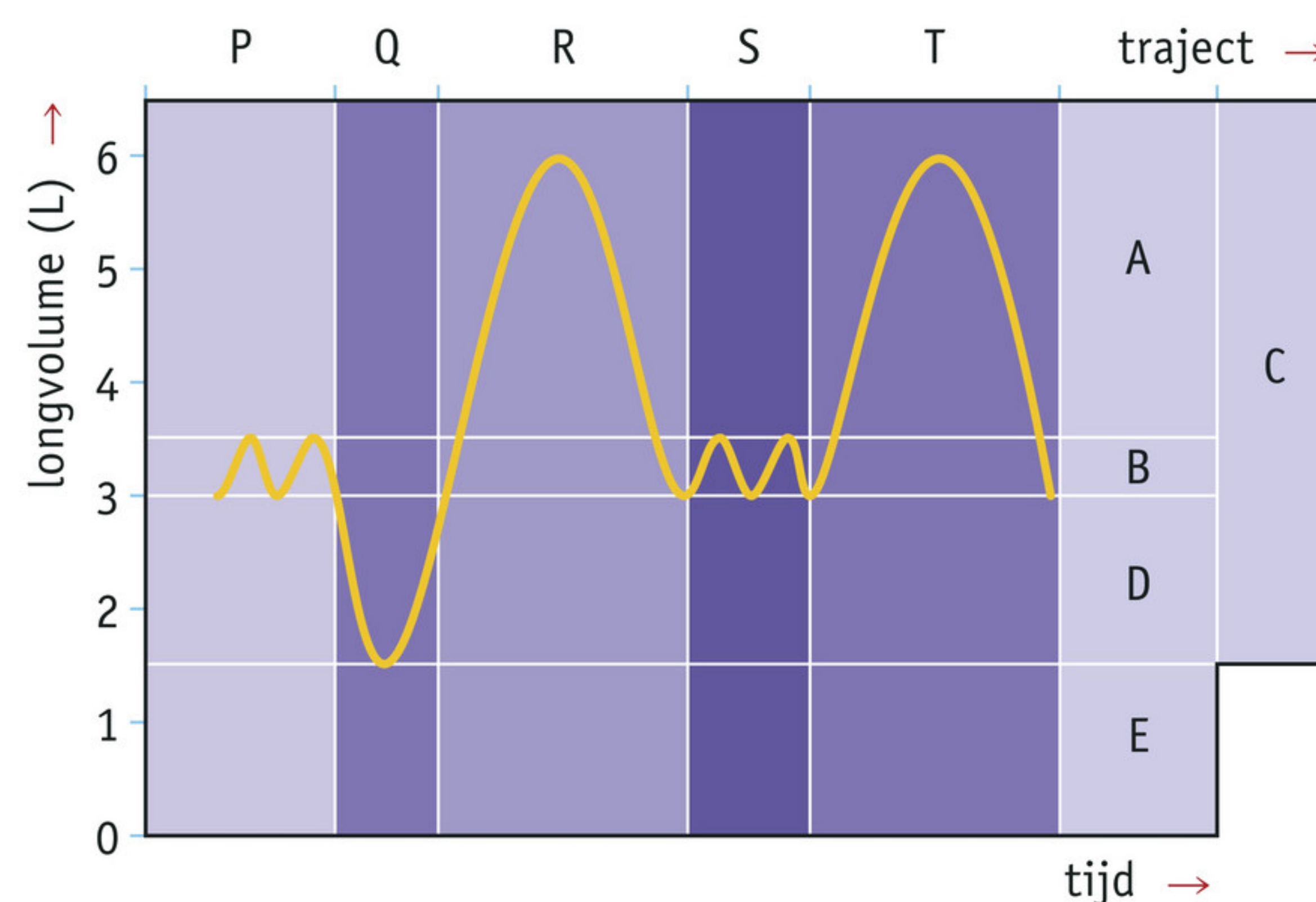
Bij een maximale inademing kan gemiddeld 2,5 L lucht extra worden ingeademd. Bij een maximale uitademing kan gemiddeld 1,5 L lucht extra worden uitgeademd. Er blijft dan gemiddeld nog 1,5 L lucht in de longen achter. Deze lucht heet het **restvolume**. Dat restvolume kan wel iets kleiner worden, maar er blijft in alle gevallen lucht achter in de longen.

De hoeveelheid lucht die in één ademhaling maximaal kan worden verplaatst, heet de **vitale capaciteit**. De **longcapaciteit** (het totale longvolume) is de vitale capaciteit plus het restvolume.

opdrachten

- 18** In afbeelding 23 is de ademfrequentie van een proefpersoon weergegeven. In de afbeelding is te zien hoe het longvolume varieert bij verschillende diepten van ademhaling.
- In het diagram zijn de trajecten P, Q, R, S en T aangegeven. Noteer wat voor ademhaling in elk van de trajecten is weergegeven.
 - In welk traject hebben de binnenste tussenribspieren bijgedragen aan de ademhalingsbeweging?
 - In het diagram zijn de vakjes A, B, C, D en E aangegeven. Noteer wat elk van deze vakjes weergeeft.
 - Hoe groot is gemiddeld de totale longcapaciteit?
 - Hoe groot is gemiddeld het minimale longvolume?
 - Leg uit dat het functioneel is dat je vitale capaciteit niet even groot kan worden als je totale longvolume.
 - Het ademminuutvolume is het volume lucht dat per minuut wordt ververs. In rust is dat ongeveer 6 L. Je ademt dan $12 \times$ per minuut en per ademhaling ververs je 0,5 L. Bij inspanning loopt het ademminuutvolume op, bijvoorbeeld tot 24 L.
Er zijn drie mogelijkheden:
 - je ademt sneller, maar het ademvolume blijft gelijk;
 - je ademt dieper, maar de ademfrequentie blijft gelijk;
 - je ademt sneller en dieper.
 Geef bij elke mogelijkheid een berekening voor een ademminuutvolume van 24 L.

► **Afb. 23** Ademfrequentie van een proefpersoon.



- 19** Als droge buitenlucht wordt ingeademd, wordt deze altijd verzadigd met waterdamp.
- Drie delen van het ademhalingsstelsel zijn de neusholte, de mondholte en de luchtpijp.
In welke van deze delen neemt de lucht waterdamp op?
 - De gemiddelde samenstelling van de uitgeademde lucht verschilt vrij sterk van die in de longblaasjes.
Geef de twee belangrijkste verschillen in samenstelling en noteer de oorzaak van beide verschillen.

- 20 In afbeelding 24 is een onderzoek beschreven naar de relatie tussen longvolume en conditie bij leerlingen.
- a Trek een conclusie aan de hand van deze resultaten. Laat zien hoe je tot je conclusie bent gekomen.
- b Kun je de hypothese verwerpen of niet? Leg uit waarom je hem wel of niet kunt verwerpen.

▼ Afb. 24

ONDERZOEK		LONGVOLUME EN CONDITIE																																																								
Inleiding	Een aantal leerlingen doet een onderzoek naar hun longvolume. Zij vermoeden dat de grootte van het longvolume samenhangt met de conditie.																																																									
Onderzoeksvraag	Hangt het longvolume samen met de conditie?																																																									
Hypothese	Naarmate de conditie beter is, zal het longvolume groter zijn.																																																									
Experiment	Om de mate van conditie te bepalen, vullen de leerlingen een lijst in. Hierop geven ze zelf aan wat hun conditie is. Een 1 staat voor een goede conditie, een 2 voor een minder goede conditie. Om hun longvolume te bepalen, blazen ze maximaal uit in een spirometer.																																																									
Resultaat	<table><tr><th>Naam</th><th>Conditie</th><th>Longvolume (L)</th></tr><tr><td>Daniël</td><td>1</td><td>2,5</td></tr><tr><td>Dominique</td><td>1</td><td>2,3</td></tr><tr><td>George</td><td>2</td><td>2,7</td></tr><tr><td>Gijs</td><td>2</td><td>3,1</td></tr><tr><td>Ilse</td><td>1</td><td>3,2</td></tr><tr><td>Isabella</td><td>1</td><td>3,9</td></tr><tr><td>Layan</td><td>2</td><td>2,1</td></tr><tr><td>Linda</td><td>1</td><td>2,8</td></tr></table>			Naam	Conditie	Longvolume (L)	Daniël	1	2,5	Dominique	1	2,3	George	2	2,7	Gijs	2	3,1	Ilse	1	3,2	Isabella	1	3,9	Layan	2	2,1	Linda	1	2,8	<table><tr><th>Naam</th><th>Conditie</th><th>Longvolume (L)</th></tr><tr><td>Lineke</td><td>1</td><td>3,0</td></tr><tr><td>Majorie</td><td>2</td><td>3,4</td></tr><tr><td>Patrik</td><td>2</td><td>3,1</td></tr><tr><td>Robin</td><td>1</td><td>3,8</td></tr><tr><td>Ruud</td><td>2</td><td>3,2</td></tr><tr><td>Vlado</td><td>2</td><td>3,5</td></tr><tr><td>Zein</td><td>1</td><td>3,6</td></tr></table>				Naam	Conditie	Longvolume (L)	Lineke	1	3,0	Majorie	2	3,4	Patrik	2	3,1	Robin	1	3,8	Ruud	2	3,2	Vlado	2	3,5	Zein	1	3,6
	Naam	Conditie	Longvolume (L)																																																							
	Daniël	1	2,5																																																							
	Dominique	1	2,3																																																							
	George	2	2,7																																																							
	Gijs	2	3,1																																																							
	Ilse	1	3,2																																																							
	Isabella	1	3,9																																																							
	Layan	2	2,1																																																							
	Linda	1	2,8																																																							
	Naam	Conditie	Longvolume (L)																																																							
	Lineke	1	3,0																																																							
	Majorie	2	3,4																																																							
	Patrik	2	3,1																																																							
	Robin	1	3,8																																																							
	Ruud	2	3,2																																																							
Vlado	2	3,5																																																								
Zein	1	3,6																																																								
Conclusie																																																										

CONTEXT

Leefwereld

‘Mijn lichaam heeft geen energie meer’

Hij wist zelf donders goed dat het bereiken van de top pas het halve werk was. Tijdens de uitputtende afdaling, het hoofd vol euforie vanwege het bereiken van het hoogste punt, kan het ook nog helemaal misgaan. Eric Arnold (36 jaar) overkwam het.

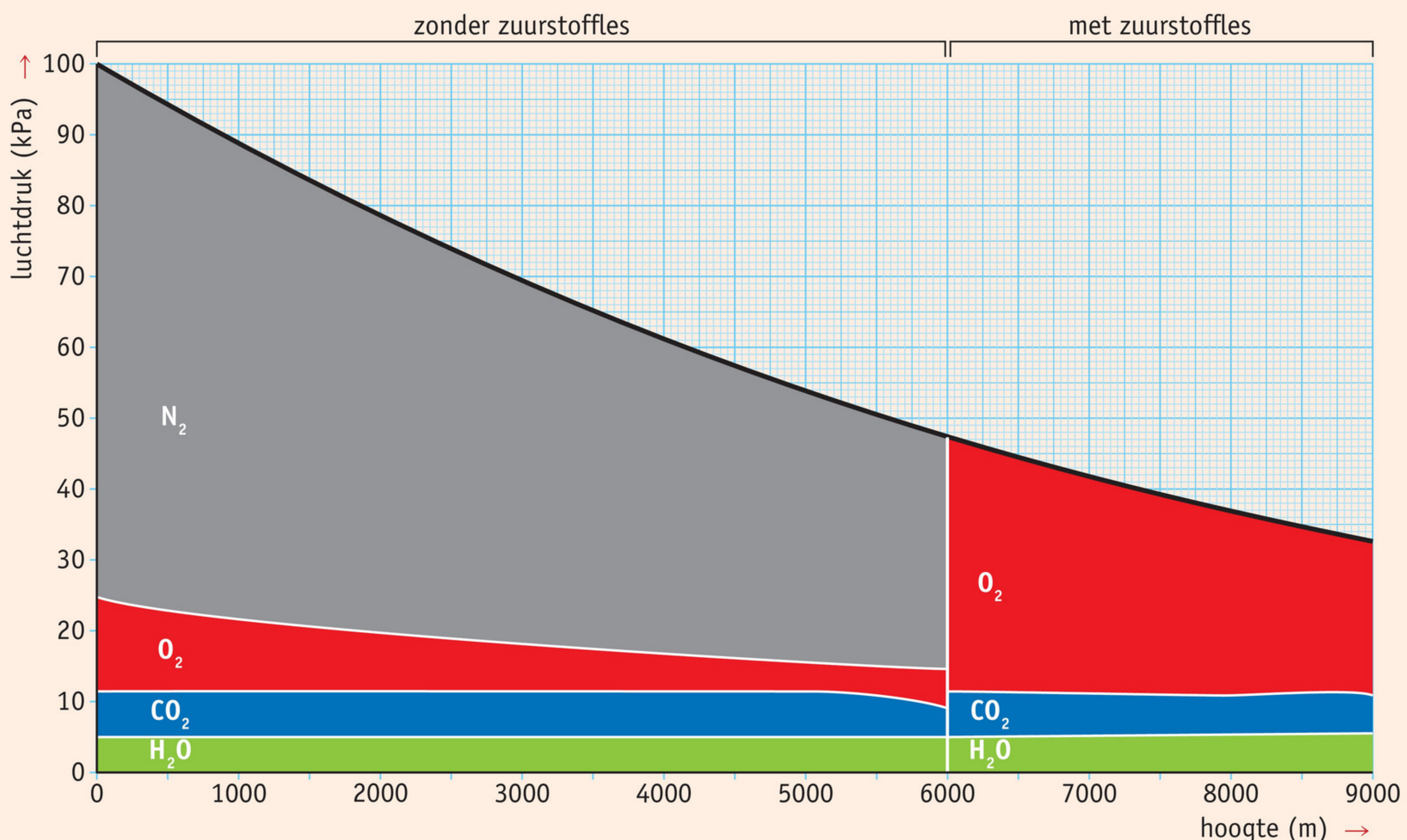
Hoogteziekte kan de best getrainde atleet overkomen. Met een fles zuivere zuurstof en bepaalde medicamenten kunnen de symptomen deels worden bestreden. Eric Arnold had zich goed voorbereid. Na een acclimatisatietocht van dagen om aan het zuurstoftekort te wennen, bereikte hij op 20 mei 2016 zuchtend en hijgend de top van 8848 meter. Daar zag hij wat hij zijn hele leven wilde zien: de Himalaya, vanaf het hoogste punt. Het uitzicht was waanzinnig. Tijdens de afdaling bezweek Eric Arnold.

Bron: ‘De laatste beklimming van Eric Arnold’, *de Volkskrant*, 22 mei 2016.

opdrachten

- 21** Normaal adem je ongeveer 15× per minuut.
- Stel dat je per ademhaling 0,5 mL in- en uitademt. Bereken de hoeveelheid lucht die per minuut beschikbaar is voor de gaswisseling.
 - Bij een verblijf op grote hoogte (tot 5500 m) past het lichaam zich aan de omstandigheden aan. Zo wordt de longventilatie versneld. Stel dat de snelheid waarmee je ademt, wordt versneld tot 30× per minuut en dat het ademvolume hetzelfde blijft. Bereken de hoeveelheid lucht die dan per minuut beschikbaar is voor de gaswisseling.
 - In plaats van sneller te ademen, kun je ook dieper ademen. Stel dat de ademfrequentie hetzelfde blijft (15× per minuut), maar dat het ademvolume 1,0 L is. Bereken de hoeveelheid lucht die in dat geval per minuut beschikbaar is voor de gaswisseling.
 - Uit het voorgaande blijkt dat je beter dieper dan sneller kunt ademen, om voldoende zuurstof te krijgen. Leg uit waardoor dit verschil wordt veroorzaakt.
- 22** In afbeelding 25 is in een diagram de luchtdruk op verschillende hoogten weergegeven. De samenstelling van de lucht in de longblaasjes bij een bergbeklimmer is ook weergegeven. Op 6000 m hoogte is de pO_2 ongeveer 5 kPa. Een lagere pO_2 is dodelijk. Tot 6000 m zit er stikstof in de lucht in de longblaasjes, doordat een bergbeklimmer tot die hoogte de buitenlucht inademt. Daarboven moet hij met een zuurstoffles klimmen en zit er geen stikstof meer in zijn lucht in de longblaasjes.
- Eric Arnold is niet gestorven door zuurstofgebrek. Leg dit uit.
 - Waarom is Eric Arnold wel gestorven? Leg dit uit en gebruik hierbij het volgende gegeven: De bloeddruk op grote hoogte is vrijwel gelijk aan die op zeeniveau.

▼ **Afb. 25** De luchtdruk (kPa; zwarte lijn) en de partiële druk van de gassen in de longblaasjes (kPa) op verschillende hoogten.



Leerdoelen

- Je kunt de bouw, werking en functies van de lever beschrijven.
- Je kunt uitleggen hoe het interne milieu min of meer constant wordt gehouden door de lever.

3 De lever

Orgaanvlees, zoals kalfslever, staat bij de beste restaurants op de menukaart. Lever bevat veel vitamine A en ijzer. Je kunt het gerust af en toe eten, maar niet te vaak. De lever is een opslagplaats voor gifstoffen.

DE BOUW VAN DE LEVER

De **lever** ligt rechtsboven in de buikholte tegen het middenrif aan (zie afbeelding 26). De lever bestaat uit heel veel, zeshoekige **leverlobjes** van ongeveer één millimeter in doorsnede. Op de hoekpunten van een leverlobje zitten aftakkingen van de poortader en de leverslagader. Op deze plaatsen zitten ook aftakkingen van de **galgang** (zie afbeelding 27). In het midden van een leverlobje zit een aftakking van de leverader.

HOMEOSTASE

Het bloed van de poortader en leverslagader komt vanuit de aftakkingen op de hoekpunten terecht in ruimten tussen de cellen van een leverlobje. De levercellen nemen stoffen uit het bloed op en geven stoffen aan het bloed af. Het bloed stroomt naar het midden van een leverlobje en wordt via de aftakking van de leverader afgevoerd.

Doordat het bloed uit een groot deel van het darmkanaal via de poortader naar de lever stroomt, kan de lever controle uitoefenen op de samenstelling van het bloedplasma. De lever speelt een belangrijke rol bij de homeostase. Door het omzetten van stoffen en door opslag en uitscheiding van stoffen zorgt de lever voor een min of meer constant intern milieu.

► PRACTICUMOPDRACHT 4

EMULGEREN EN AFBRAAK VAN BLOEDCELLEN

De cellen van de lever produceren **gal**. Gal bevat onder andere water en galzuren. Galzuren emulgeren vetten en oliën. De gal stroomt in de richting van de hoekpunten en wordt via de fijne vertakkingen van de galgang afgevoerd. De gal wordt verzameld en tijdelijk opgeslagen in de **galblaas** (zie afbeelding 27). Via de galbuis komt de gal terecht in de twaalfvingerige darm.

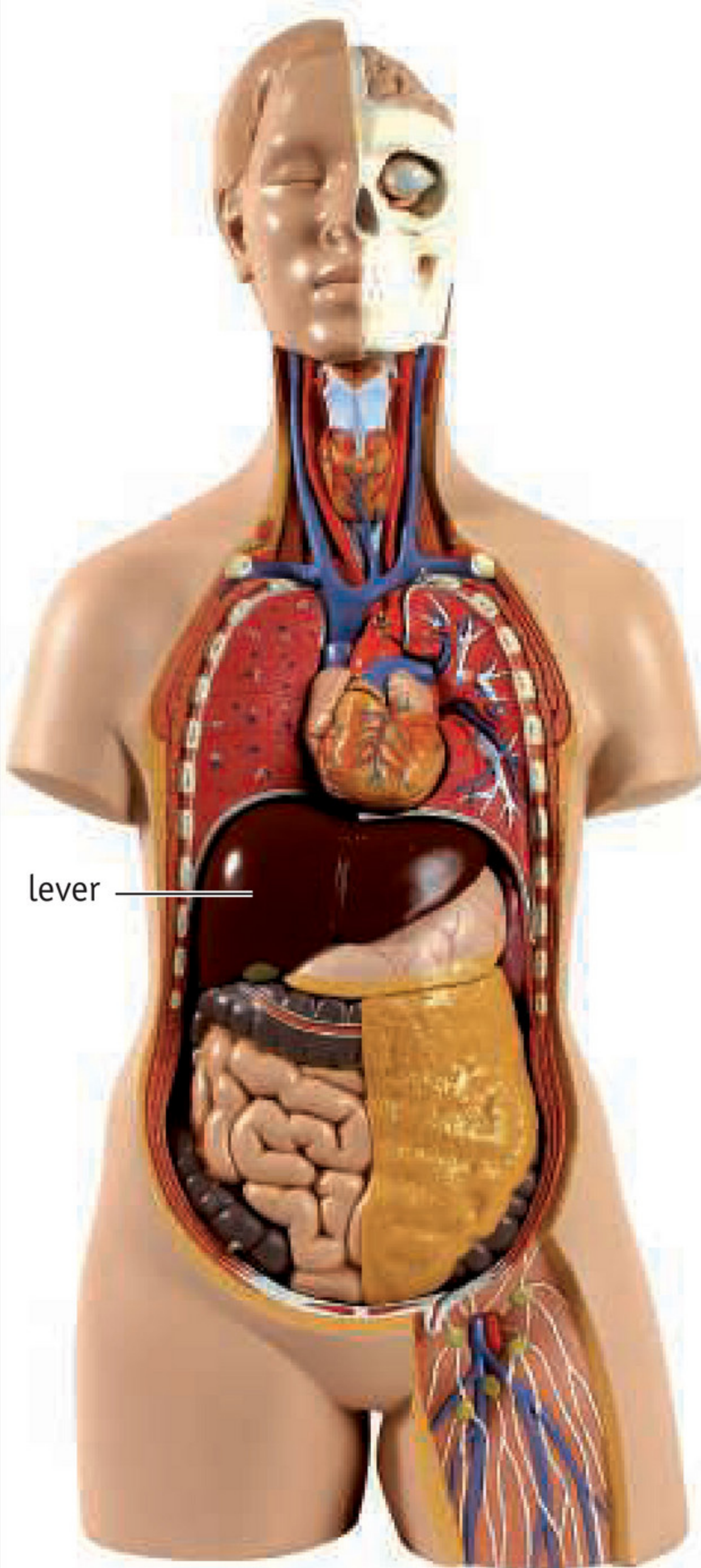
De lever is ook betrokken bij de afbraak van verouderde en beschadigde rode bloedcellen. Bij de afbraak van hemoglobine uit dode rode bloedcellen ontstaat bilirubine. Bilirubine wordt door de lever via de galwegen uitgescheiden en geeft de bruine kleur aan de ontlasting. Bij de afbraak van hemoglobine komt ook ijzer vrij. Dit ijzer wordt vooral in de lever opgeslagen.

KOOLHYDRAAT-, EIWIT- EN VETSTOFWISSELING

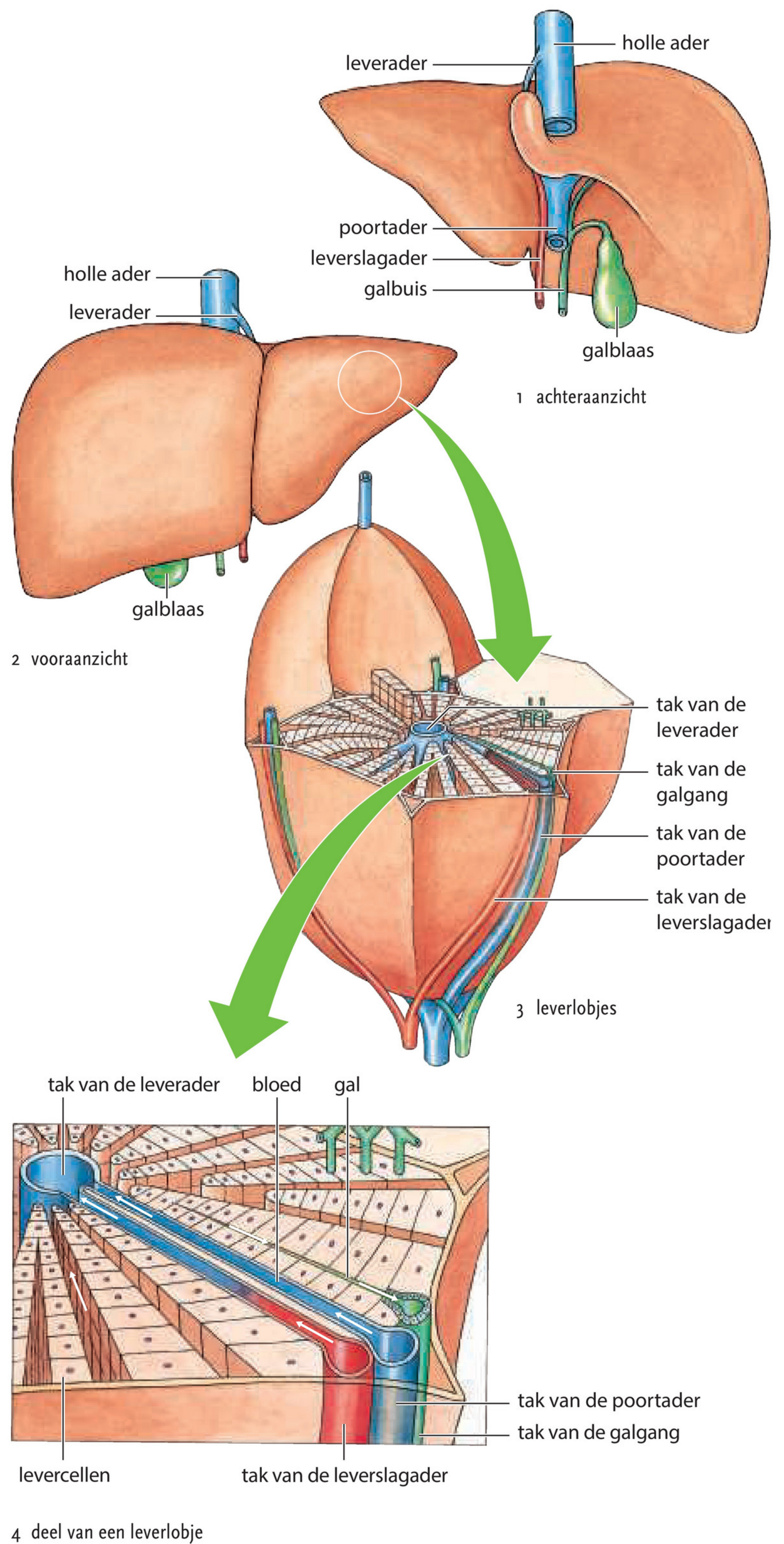
De lever speelt een rol bij de koolhydraatstofwisseling. De lever slaat glucose op in de vorm van glycogeen en maakt dit weer vrij zodra dat nodig is. De lever heeft ook functies bij de eiwitstofwisseling. Daarbij worden in de lever eiwitten gevormd uit aminozuren. Aminozuren die in het darmkanaal in het bloed zijn opgenomen, worden via de poortader naar de lever vervoerd. Een deel van deze aminozuren zal onveranderd weer worden afgevoerd via de leverader. Een ander deel wordt gebruikt om eiwitten van te maken.

Overtollige aminozuren kunnen in de lever worden afgebroken. Van de aminozuren wordt daarbij de stikstofgroep afgesplitst en omgezet in ammoniak. Ammoniak is

▼ **Afb. 26** De ligging van de lever.



► **Afb. 27** De bouw van de lever.



in geringe concentratie al giftig. In de lever wordt ammoniak omgezet in **ureum**. Ureum wordt aan het bloed afgegeven en door de nieren uitgescheiden. Bij de vetstofwisseling in de lever worden onder andere niet-essentiële vetzuren gevormd uit andere vetzuren, aminozuren, of monosachariden zoals glucose. Een beperkte hoeveelheid vet kan in de lever worden opgeslagen.

GIFSTOFFEN

Bij het ontgiften van het bloed haalt de lever gifstoffen en andere lichaamsvreemde stoffen (bijvoorbeeld alcohol, drugs en medicijnen) uit het bloed en maakt ze onwerkzaam. Een deel van deze stoffen wordt door de lever afgebroken en door de nieren uitgescheiden.

Sommige gifstoffen kunnen niet onwerkzaam worden gemaakt. Een deel van deze gifstoffen wordt opgeslagen in de lever, de huid en de haren (bijvoorbeeld kwik en arsenicum).

opdrachten

- 23** De lever is net als de longen, de nieren en de huid een uitscheidingsorgaan.
- a** De endeldarm wordt niet beschouwd als een uitscheidingsorgaan. Leg dit uit.
 - b** Wanneer de galwegen verstopt zijn, ontstaat een gele huid en een gelig oogwit (geelzucht).
Leg uit waardoor dit verschijnsel ontstaat.
 - c** Een ander gevolg van verstopte galwegen is dat de ontlasting vettig is.
Leg uit waardoor dit komt.
- 24** Een van de gevolgen van overmatig alcoholgebruik is levercirrose. De meeste levertransplantaties worden uitgevoerd bij mensen met levercirrose.
- a** Vind jij dat iemand die levercirrose heeft doordat hij te veel heeft gedronken in aanmerking komt voor een donorlever? Bespreek dit met een klasgenoot en noteer jullie conclusie.
 - b** In 2016 werd in de Tweede Kamer een nieuwe donorwet aangenomen met een verschil van maar één stem. In de nieuwe wet staat dat iedere Nederlander donor is, tenzij hij of zij bezwaar maakt. Kamerlid Helène Dupuis stemde tegen het wetsvoorstel. Zij stelde dat het in tegenspraak was met artikel 11 van de Grondwet: 'Ieder heeft, behoudens bij of krachtens de wet te stellen beperkingen, recht op onaantastbaarheid van zijn lichaam.' Zou jij voor of tegen het wetsvoorstel stemmen? Beargumenteer je antwoord.
- 25** Beantwoord de vragen over het onderzoek in afbeelding 28.
- a** Volgens de reactievergelijking ontstaat zuurstof bij de afbraak van waterstofperoxide.
Hoe kun je deze zuurstof aantonen?
 - b** Welke conclusie kun je trekken uit de resultaten van het onderzoek?
 - c** Bevestigt het resultaat de hypothese?

▼ Afb. 28

ONDERZOEK		WATERSTOFPEROXIDE EN KATALASE EN LEVER
Inleiding	Bij verschillende stofwisselingsprocessen ontstaat waterstofperoxide (H ₂ O ₂). Dit is een schadelijke stof. Eukaryote cellen bevatten het enzym katalase. Waterstofperoxide wordt afgebroken onder invloed van katalase waarbij water en zuurstof ontstaan: $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$	
Onderzoeksvraag	Wordt waterstofperoxide afgebroken door de levercellen van een varken?	
Hypothese	Alle soorten organismen breken waterstofperoxide af.	
Experiment	Een reageerbuis wordt gevuld met water en een stukje varkenslever. Een andere reageerbuis wordt gevuld met water. Aan beide buizen wordt vervolgens 5 mL waterstofperoxide toegevoegd.	
Resultaat	In de buis met het stukje lever begint de inhoud te bruisen. Na verloop van tijd houdt het bruisen op. In de buis zonder lever vindt geen reactie plaats.	
Conclusie		

CONTEXT Wetenschap

De Aziatische gloed

▼ Afb. 29 De Aziatische gloed.



Bij veel Aziaten wordt alcohol een stuk efficiënter door de lever afgebroken dan bij Europeanen. Dat lijkt mooi, maar het probleem is dat de stof die daarbij ontstaat, nog giftiger is dan alcohol. Het is de stof aceetaldehyde, die zorgt voor het ‘katergevoel’. Maar het is nog erger. Bij Europeanen wordt die giftige stof vervolgens omgezet in het onschuldige acetylco-enzym A (acetyl-CoA). Bij veel Chinezen, Japanners en Koreanen gebeurt dat onvoldoende, omdat zij een mutatie hebben. Eén glas alcohol is dan al voldoende om je compleet onwel te laten voelen en je een rood hoofd te bezorgen. Vandaar: de Aziatische gloed.

opdracht

- 26
- In China en Japan wordt relatief weinig alcohol gedronken.

a

Geef hiervoor een verklaring.

b

In Maleisië is het drankgebruik 1,7 L per persoon per jaar, terwijl dat in buurland Thailand 8,3 L is.
Geef een verklaring voor dit verschil.

c

In Zuid-Korea is het drankgebruik 10,9 L per persoon per jaar. Dat is een stuk hoger dan het wereldgemiddelde van 6,3 L.
Geef hiervoor een mogelijke verklaring.

d

Je kunt de mutatie die voorkomt onder Aziaten zien als een evolutionair voordeel. Leg dit uit.

Leerdoelen

- Je kunt de bouw, werking en functies van de nieren en de urinewegen beschrijven.
- Je kunt uitleggen hoe het interne milieu min of meer constant wordt gehouden door de nieren.

4 De nieren

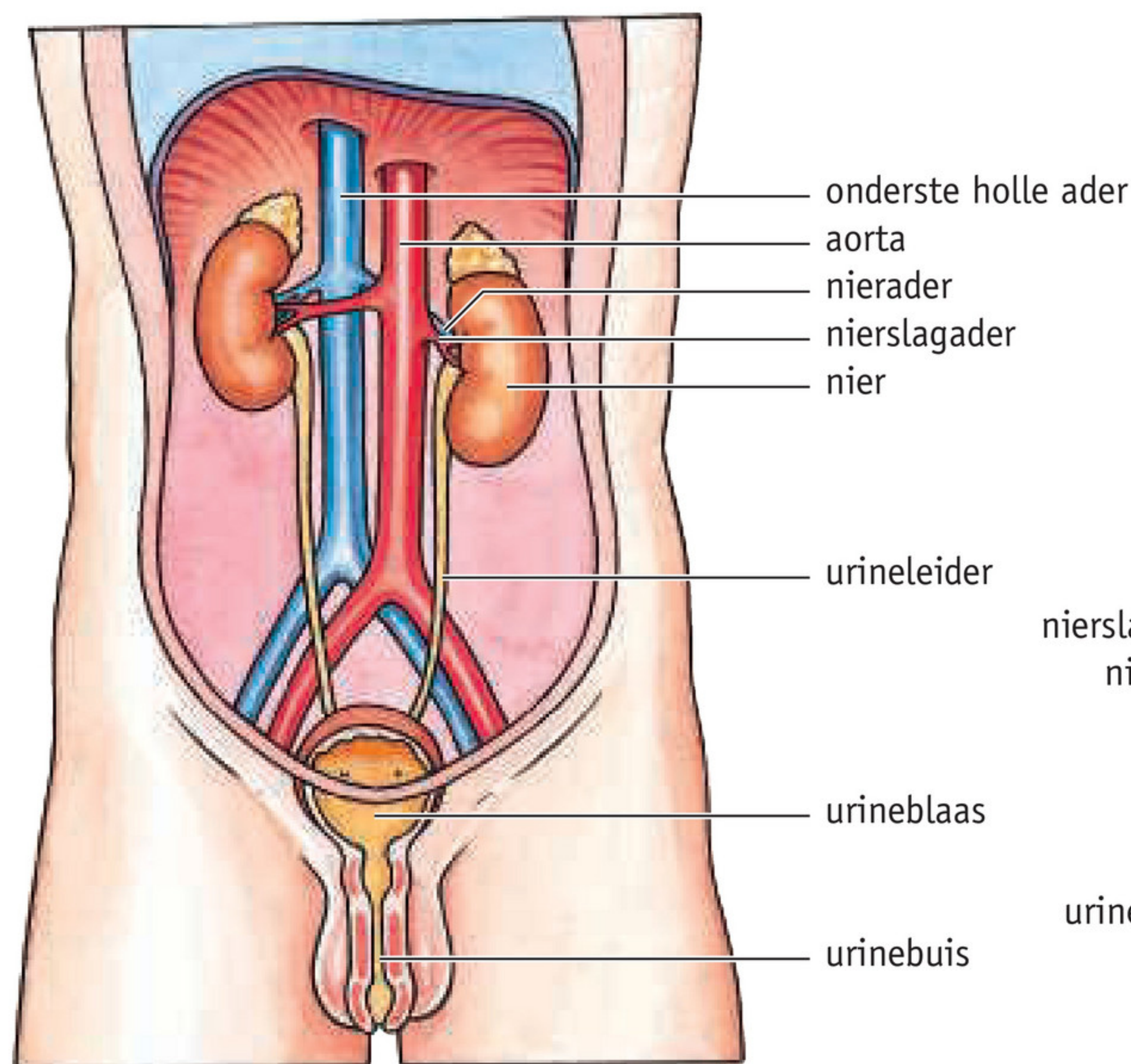
‘Alles is giftig en niets is zonder gif.’ Dat zei arts en theoloog Paracelsus (1493–1541). Hij hield zich bezig met alchemie en astrologie. Is water dan ook giftig? Ja, maar het hangt er wel van af hoeveel je ervan binnenkrijgt.

DE BOUW VAN DE NIEREN

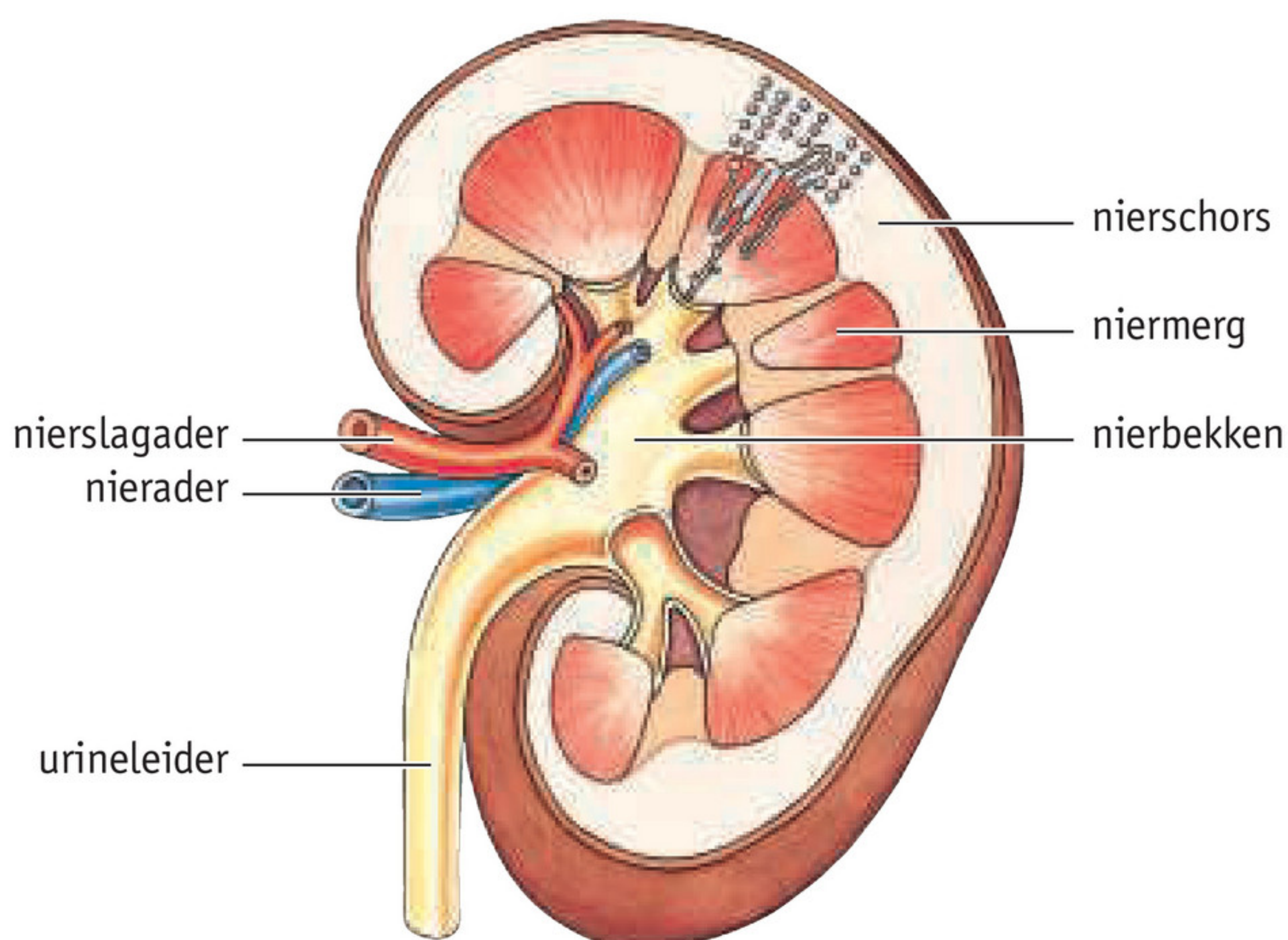
De **nieren** liggen in de buikholte links en rechts van de wervelkolom (zie afbeelding 30). Door de nierslagaders stroomt zuurstofrijk bloed naar de nieren. Dit bloed bevat onder andere overtollige en schadelijke stoffen. De nieren verwijderen deze stoffen uit het bloed. Door de nieraders stroomt het bloed weg uit de nieren.

Een nier bestaat uit drie delen: de **nierschors**, het **niermerg** en het **nierbekken** (zie afbeelding 31). In de nierschors en het niermerg wordt de **urine** gevormd. Urine bestaat uit water, zouten en de schadelijke stoffen die uit het bloed zijn verwijderd. Via de **urineleiders** wordt de urine afgevoerd naar de **urineblaas**. In de urineblaas wordt de urine tijdelijk opgeslagen. Van tijd tot tijd wordt de urine uit de urineblaas afgevoerd via de **urinebuis**. In het nierbekken wordt de urine verzameld.

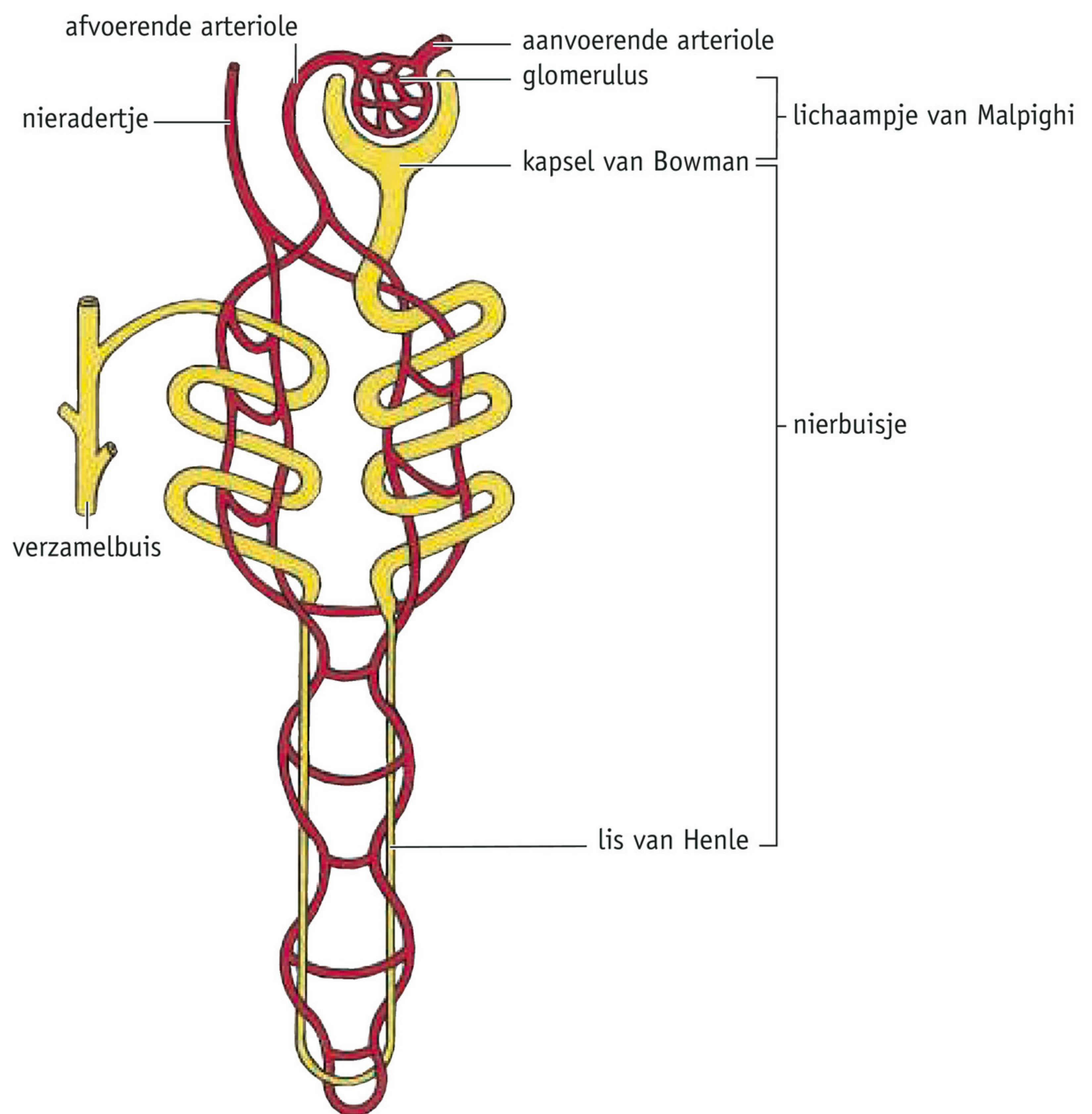
▼ Afb. 30 De nieren en de urinewegen.



▼ Afb. 31 De bouw van een nier.



In de nierschors en het niermerg liggen per nier ongeveer een miljoen niereenheden. Een **niereenheid** bestaat voor het grootste deel uit een **nierbuisje** of nierkanaaltje (zie afbeelding 32). In de nierbuisjes wordt de urine gevormd. De nierbuisjes monden uit in **verzamelbuisjes**. Via de verzamelbuisjes komt de urine in de nierbekkens terecht.

► **Afb. 32** Een niereenheid.

Een nierbuisje bestaat uit twee gekronkelde delen en een lus: de **lis van Henle**. Aan het begin van het nierbuisje zit een **nierkapsel**: het **kapsel van Bowman**. Je kunt een nierkapsel vergelijken met een zeef: er zit een groot aantal gaatjes in. Een aanvoerend slagadertje, een vertakking van de nierslagader, vertakt zich in het nierkapsel verder tot een kluwen van haarvaten (de glomerulus). De haarvaten verenigen zich weer tot een afvoerend slagadertje. Deze vertakt zich tot een haarvatennet om het nierbuisje. De haarvaten verenigen zich daarna tot een nieradertje. De nieradertjes verenigen zich tot de nierader.

DE VORMING VAN URINE

De diameter van de afvoerende slagadertjes is kleiner dan die van de aanvoerende slagadertjes. Hierdoor is de bloeddruk in de haarvatenkluwens in de nierkapsels zó hoog, dat vanuit die haarvaten voortdurend een deel van het bloedplasma in de nierkapsels wordt geperst. Grote moleculen kunnen hier niet doorheen. Alleen kleine moleculen kunnen door de gaatjes in de wand van de nierkapsels. Dit proces heet **ultrafiltratie**. Het vocht in de nierkapsels noem je **voorurine**. Voorurine bevat onder andere glucose, ionen (natrium, chloor, calcium en kalium) en ureum, maar geen eiwitten of bloedcellen (zie afbeelding 33).

- **Afb. 33** Enkele stoffen in bloedplasma, voorurine en urine.

	Bloedplasma (g/100 mL)	Voorurine (g/100 mL)	Urine (g/100 mL)
Eiwitten	7,5	0	0
Glucose	0,1	0,1	0
Na ⁺	0,4	0,4	0,35
Cl ⁻	0,36	0,36	0,6
Ca ²⁺	0,01	0,01	0,03
K ⁺	0,02	0,02	0,15
Ureum	0,03	0,03	2,0

De nieren zijn zeer sterk doorbloed. Per minuut stroomt er ongeveer 1,2 L bloed door de nieren. Uit elke liter wordt 125 mL filtraat gemaakt. Dat betekent per dag 180 L voorurine. Uiteindelijk blijft daarvan ongeveer 1,5 L urine over.

De omzetting van voorurine in urine vindt plaats in de nierbuisjes en de verzamelbuisjes. Water en andere nuttige stoffen, zoals glucose en aminozuren, worden selectief uit de voorurine gehaald (zie afbeelding 33). De cellen van de wand van de nierbuisjes nemen de opgeloste nuttige stoffen op uit de voorurine en geven ze af aan de weefselvloeistof tussen de niereenheden. Van daaruit gaan de stoffen naar de bloedvaten rondom de nierbuisjes. Dit proces vindt plaats door middel van actief transport. Het kost dus energie. Het wordt **terugresorptie** genoemd. De cellen zelf worden van voedingsstoffen en zuurstof voorzien door het bloed in de haarvatennetten. De wandcellen van de lissen van Henle dragen slechts weinig bij aan de terugresorptie. De activiteiten van deze wandcellen zijn wel belangrijk bij het concentreren van de urine.

Bij de terugresorptie transporteren de cellen van de nierbuisjes de opgeloste nuttige stoffen niet alleen naar het bloed, maar ook naar het nierweefsel tussen de haarvaten. Mede hierdoor wordt de osmotische waarde in het binnenste deel van het niermerg drie- tot viermaal zo hoog als de osmotische waarde in de nierschors. Hierdoor ontstaat een groot concentratieverschil tussen de inhoud van de verzamelbuisjes en het omringende weefsel. Als gevolg hiervan wordt door osmose water onttrokken aan de (voor)urine in de verzamelbuisjes tijdens het transport naar het nierbekken.

opdrachten

- 27** De cellen van de nierkapsels leveren geen energie voor de ultrafiltratie, waarbij voorurine wordt gevormd.
- Welke kracht veroorzaakt dan de vorming van voorurine?
 - Waar komt de energie vandaan voor de vorming van urine uit voorurine?
 - Iemand produceert tijdelijk meer voorurine dan normaal. Dit is het gevolg van een vernauwing van bepaalde bloedvaten.
Treedt deze vernauwing op bij het aanvoerende of afvoerende slagadertje? Leg je antwoord uit. Gebruik hierbij afbeelding 32.
 - Door het aanvoerende slagadertje, het afvoerende slagadertje en het adertje stroomt per minuut een hoeveelheid bloed die niet gelijk is.
Zet deze bloedvaten in de juiste volgorde, van het bloedvat waar de grootste hoeveelheid bloed doorheen stroomt naar het bloedvat waar de kleinste hoeveelheid bloed doorheen stroomt. Gebruik afbeelding 32.

- 28 Bij de vorming van urine wordt water aan de voorurine onttrokken.
- a Door welk proces gebeurt dit?
 - b Wordt de afwezigheid van eiwitten in de urine veroorzaakt door terugresorptie? Leg je antwoord uit.
 - c Wordt de afwezigheid van glucose in de urine veroorzaakt door terugresorptie? Leg je antwoord uit.
 - d Uit afbeelding 33 blijkt dat de ureumconcentratie in de voorurine lager is dan in de urine.
Leg uit waardoor dit komt.
 - e Hoeveel maal geconcentreerder is de urine, als je de ureumconcentratie vergelijkt met die in de voorurine?
 - f Hoeveel maal geconcentreerder is de urine, als je de Ca^{2+} -concentratie vergelijkt met die in de voorurine?
 - g Verklaar het verschil tussen antwoord e en antwoord f.
- 29 De nierbuisjes van zoogdieren die in zee leven en zoogdieren die in zoet water leven, worden met elkaar vergeleken.
Welke nierbuisjes zullen (gerelateerd aan de lichaamsgrootte) langer zijn?
Leg je antwoord uit.

HOMEOSTASE

Vooraf door de uitscheiding van overtollig water en overtollige zouten wordt de osmotische waarde van het interne milieu constant gehouden. Daarmee spelen de nieren, net als de lever, een belangrijke rol bij de homeostase.

De celmembranen van het tweede gekronkelde deel van de nierbuisjes en van de verzamelbuisjes zijn niet doorlaatbaar voor water. Onder invloed van het **antidiuretisch hormoon** of **ADH** uit de hypofyse neemt de doorlaatbaarheid van deze celmembranen toe. Daardoor wordt per tijdseenheid meer water onttrokken aan de voorurine en opgenomen in het bloed. Daardoor daalt de osmotische waarde van het interne milieu en neemt de urineproductie af.

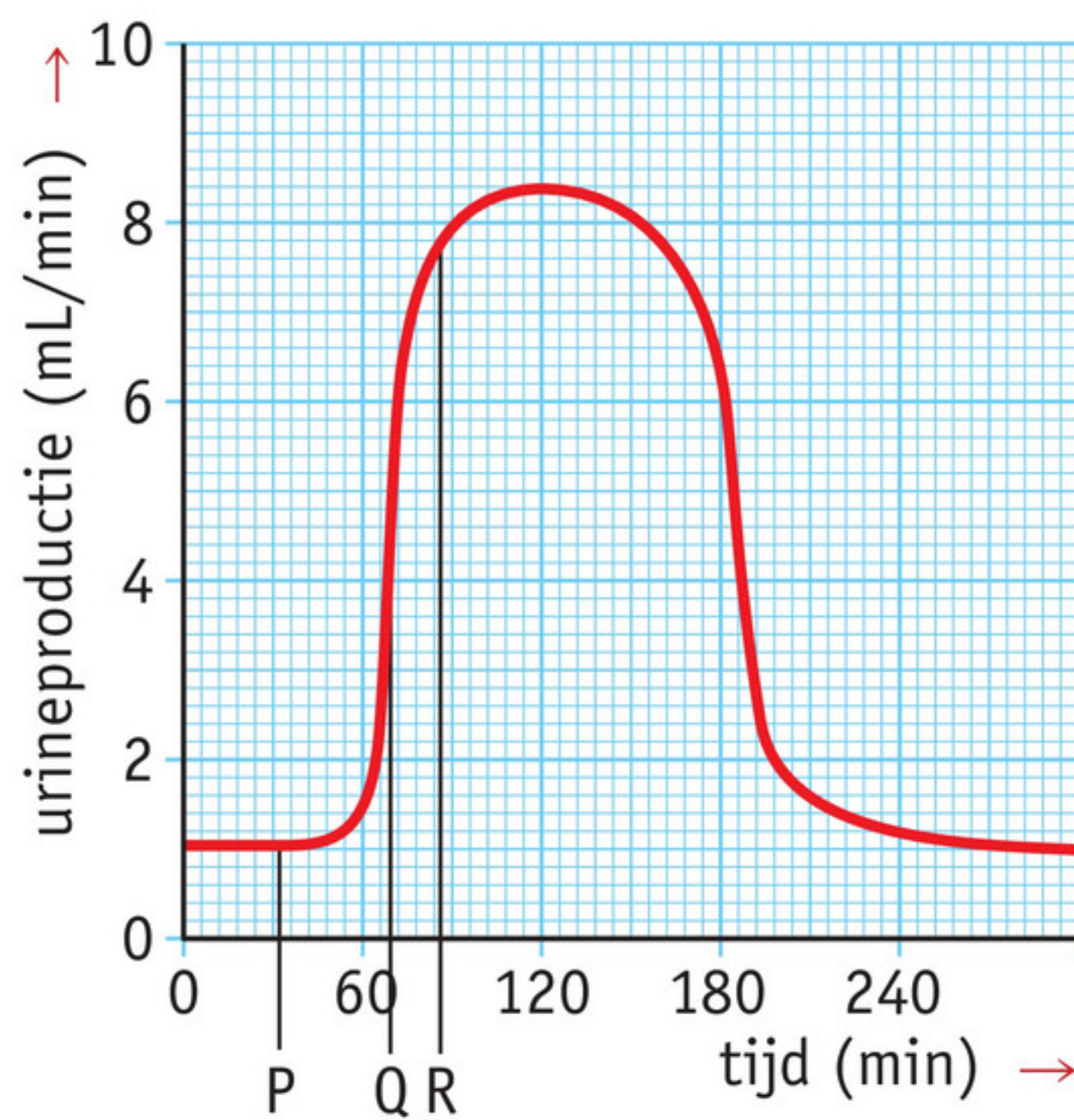
Bij de regeling van de osmotische waarde van het interne milieu is sprake van negatieve terugkoppeling. De osmotische waarde van het bloed wordt waargenomen door zintuigcellen in de hypothalamus. Als de osmotische waarde stijgt, wordt onder invloed van deze zintuigcellen in de hypofyse meer ADH afgegeven aan het bloed. Doordat in de nieren meer water wordt onttrokken aan de voorurine, daalt de osmotische waarde van het bloed. Op deze manier wordt de **waterhuishouding** binnen het lichaam geregeld.

Ook de pH van het interne milieu wordt min of meer constant gehouden. In de nier zijn bufferstoffen aanwezig die een tekort aan H^+ -ionen kunnen aanvullen of een overmaat opvangen. Daarnaast worden schommelingen in de pH opgevangen door de ademfrequentie (de snelheid waarmee je ademt) aan te passen.

opdrachten

- 30 Bij een hoge concentratie ADH stijgt de bloeddruk.
- a Leg uit waardoor deze stijging van de bloeddruk ontstaat.
 - b Onder invloed van ADH kan de urine van kleur veranderen.
Wordt de urine lichter of donkerder als de concentratie ADH toeneemt? Leg je antwoord uit.

▼ **Afb. 34** Urineproductie van Jelger gedurende een aantal uren.



- 31 Een aantal vrienden gaat een avondje stappen. Ze hebben met elkaar afgesproken dat Jelger de BOB is. Dat wil zeggen dat hij geen alcohol zal drinken, omdat hij moet rijden. Hij drinkt de hele avond frisdrank.
- a Wie zal vermoedelijk vaker naar het toilet moeten om te plassen: Jelger of zijn vrienden? Leg je antwoord uit. Bedenk dat alcohol de productie van ADH remt.
- b In het diagram van afbeelding 34 is de urineproductie van Jelger gedurende een aantal uren weergegeven. Rond tijdstip P drinkt Jelger twee blikjes frisdrank. Een blikje bevat 33 mL frisdrank. De concentratie van opgeloste stoffen in de gevormde urine op tijdstip Q wordt vergeleken met de concentratie van opgeloste stoffen op tijdstip o. Zal de concentratie op tijdstip Q waarschijnlijk lager zijn dan, gelijk zijn aan of hoger zijn dan de concentratie op tijdstip o? Leg je antwoord uit.
- c Zal op tijdstip R de ADH-concentratie in het bloed van Jelger lager zijn dan, gelijk zijn aan of hoger zijn dan de ADH-concentratie op tijdstip o? Leg je antwoord uit.

CONTEXT

Leefwereld

▼ **Afb. 35** Kim toen ze 16 jaar was.



Nefrotisch syndroom

Kim Groenveld lijdt al jaren aan het nefrotisch syndroom. ‘Toen ik 7 jaar was, kreeg ik opeens allerlei klachten, zoals een opgezet oog. De huisarts ontdekte dat ik te veel eiwit in mijn urine had, een teken dat je nieren niet goed werken. Een nier is eigenlijk een groot filter dat bestaat uit allemaal kleine filters. Bij mij zijn sommige kleine filters beschadigd en daardoor komen er afvalstoffen in mijn bloed. Ik moest meteen door naar het ziekenhuis en kreeg prednison. Daarvan werd ik erg opgeblazen.

Het ging toen goed met me, maar mijn nier werkte maar voor 20%. Als een nier voor 12% werkt, moet je aan transplantatie of dialyse gaan denken. We zijn toen de eerste verkennende gesprekken gaan voeren over een transplantatie. Mijn vader heeft dezelfde bloedgroep als ik en liet onderzoeken of hij mogelijk een nier aan mij kon afstaan. Nu ben ik 24, acht jaar verder, en na een half jaar dialyseren is er in december 2010 een succesvolle niertransplantatie uitgevoerd met de nier van mijn vader. Deze doet het gelukkig nog steeds goed.’

Naar: www.nierstichting.nl.

opdracht

- 32 Kim heeft het over filters.
- a Wat is de naam van de kleine filters?
- b Kim zegt dat bij haar sommige kleine filters zijn beschadigd en dat er daardoor afvalstoffen in haar bloed komen. Leg uit dat deze uitspraak niet juist is.
- c De huisarts ontdekte te veel eiwit in de urine van Kim. Leg uit dat te veel eiwit in de urine een teken is dat de nieren niet goed werken.
- d Prednison is een ontstekingsremmer. Een van de bijwerkingen is dat prednison de zoutafgifte van de nieren remt. Leg uit wat dat te maken heeft met Kims opmerking dat ze van prednison zo ‘opgeblazen’ wordt.

Leerdoelen

- Je kunt de bouw en functies van de huid beschrijven.
- Je kunt uitleggen hoe de lichaamstemperatuur min of meer constant wordt gehouden door de huid.

5 De huid

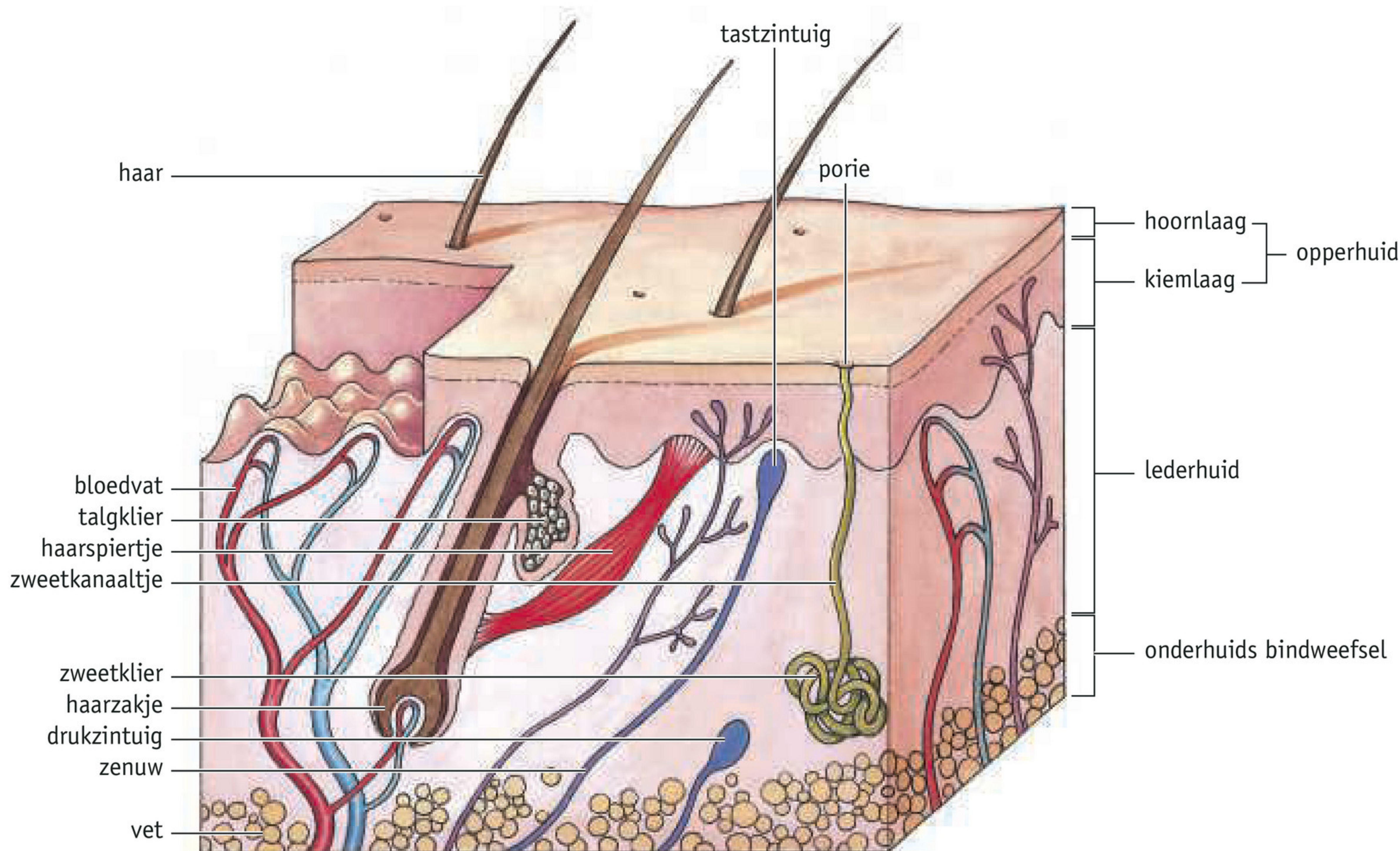
Je huid is het grootste orgaan van je lichaam. Hij weegt bij elkaar meer dan elk ander orgaan. Je huid beschermt je lichaam tegen invloeden van buiten en zorgt ervoor dat je lichaam op de juiste temperatuur blijft.

BOUW VAN DE HUID

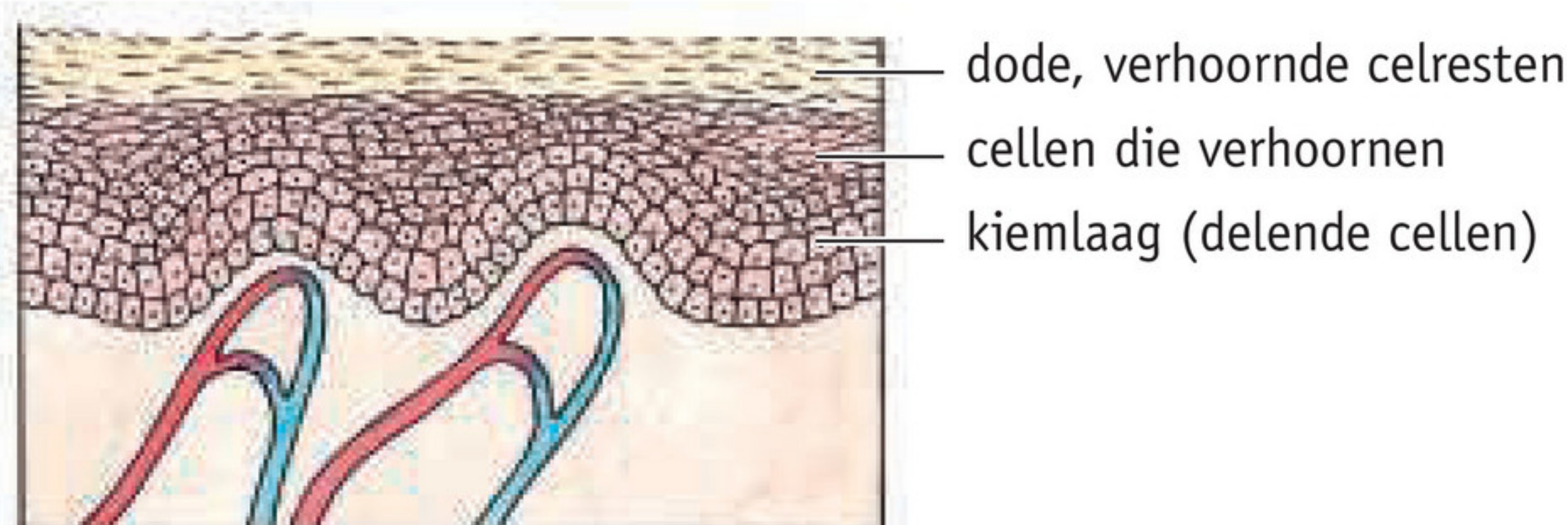
De huid bestaat uit twee lagen: de opperhuid en de lederhuid (zie afbeelding 36). De **opperhuid** wordt gevormd door de hoornlaag en de kiemlaag. De **hoornlaag** bestaat uit dode, verhoornde epitheelcellen (dekweefselcellen). De hoornlaag beschermt tegen beschadiging, uitdroging en infecties. De hoornlaag slijt aan de buitenkant steeds af. Op sommige plaatsen wordt de hoornlaag extra dik (eelt). De **kiemlaag** bestaat uit levende epitheelcellen.

De onderste laag cellen van de kiemlaag deelt zich voortdurend. De bovenliggende lagen cellen schuiven op naar buiten, verhoornen en sterven af (zie afbeelding 37).

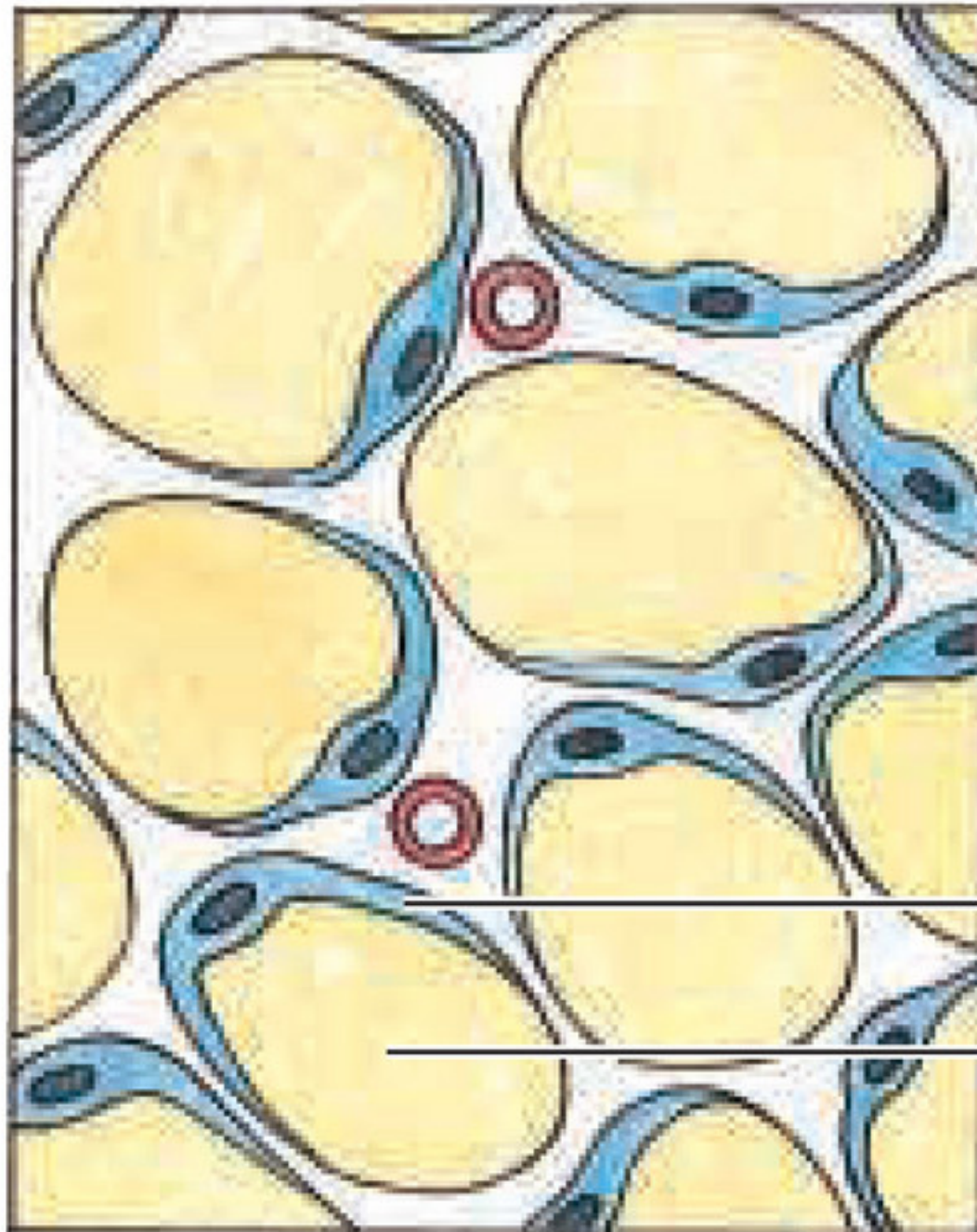
▼ **Afb. 36** De huid en het onderhuidse bindweefsel (schematisch).



► **Afb. 37** De verhoorning van de opperhuid (schematisch).



▼ Afb. 38 Vetcellen.



cytoplasma
vacuole

In de opperhuid liggen geen bloedvaten. De epitheelcellen krijgen voedingsstoffen en zuurstof via de weefselvloeistof vanuit de lederhuid. In de kiemlaag liggen pigmentvormende cellen.

Door de opperhuid heen groeien haren. Haren groeien vanuit **haarzakjes** (uitstulpingen van de kiemlaag in de lederhuid). In haarzakjes bevinden zich **talgklieren** die talg afscheiden. **Talg** is een vette stof die het haar en de hoornlaag soepel houdt.

In de **lederhuid** liggen zenuwcellen (neuronen), uitlopers van zenuwcellen, haarspiertjes, bloedvaten en zweetklieren. Onder de huid ligt het onderhuidse bindweefsel. Het onderhuidse bindweefsel is verspreid over het hele lichaam, behalve waar de huid dun is, zoals op de oogleden, tepels, geslachtsorganen en het scheenbeen. In het onderhuidse bindweefsel ligt vet opgeslagen in vetcellen (zie afbeelding 38). Dit zijn relatief grote cellen (ongeveer 0,1 mm) met een grote vacuole waarin het vet is opgeslagen. Het onderhuidse bindweefsel beschermt vitale organen en het vet zorgt voor isolatie.

THERMOREGULATIE

Organismen kunnen de gewenste lichaamstemperatuur herstellen of in stand houden door **thermoregulatie**. Elk organisme heeft een ideale temperatuur en een onder- en bovengrens. Bij oververhitting of onderkoeling kunnen de vitale lichaamsfuncties afnemen.

Bij de mens wordt de regeling van de lichaamstemperatuur aangestuurd door de hypothalamus. De huid speelt hierbij een belangrijke rol. In de hypothalamus bevindt zich een temperatuurzintuig dat de temperatuur van het langsstromende bloed registreert. Informatie over de temperatuur van de omgeving en van de buitenkant van het lichaam ontvangt de hypothalamus van de koude- en warmtezintuigen in de lederhuid.

Het lichaam geeft via de huid warmte af aan de omgeving. Deze warmteafgifte is groter naarmate het verschil tussen de temperatuur van de huid en de omgevingstemperatuur groter is. De temperatuur van de huid kan worden geregeld door de bloedvaten in de huid te verwijden. Daardoor stroomt er meer (warm) bloed door de huid, waardoor de warmteafgifte van het lichaam wordt vergroot.

Warmteafgifte vindt ook plaats door uitscheiding van zweet door de huid. **Zweet** wordt geproduceerd door de **zweetklieren** in de lederhuid en bestaat voornamelijk uit water en zouten. Zweet wordt uitgescheiden via de poriën. Door verdamping van het water uit zweet wordt warmte aan het lichaam onttrokken. Zweet bevat ook geurstoffen (feromonen). Huidbacteriën halen voedingsstoffen uit zweet. De afvalstoffen die de bacteriën produceren, veroorzaken zweetlucht.

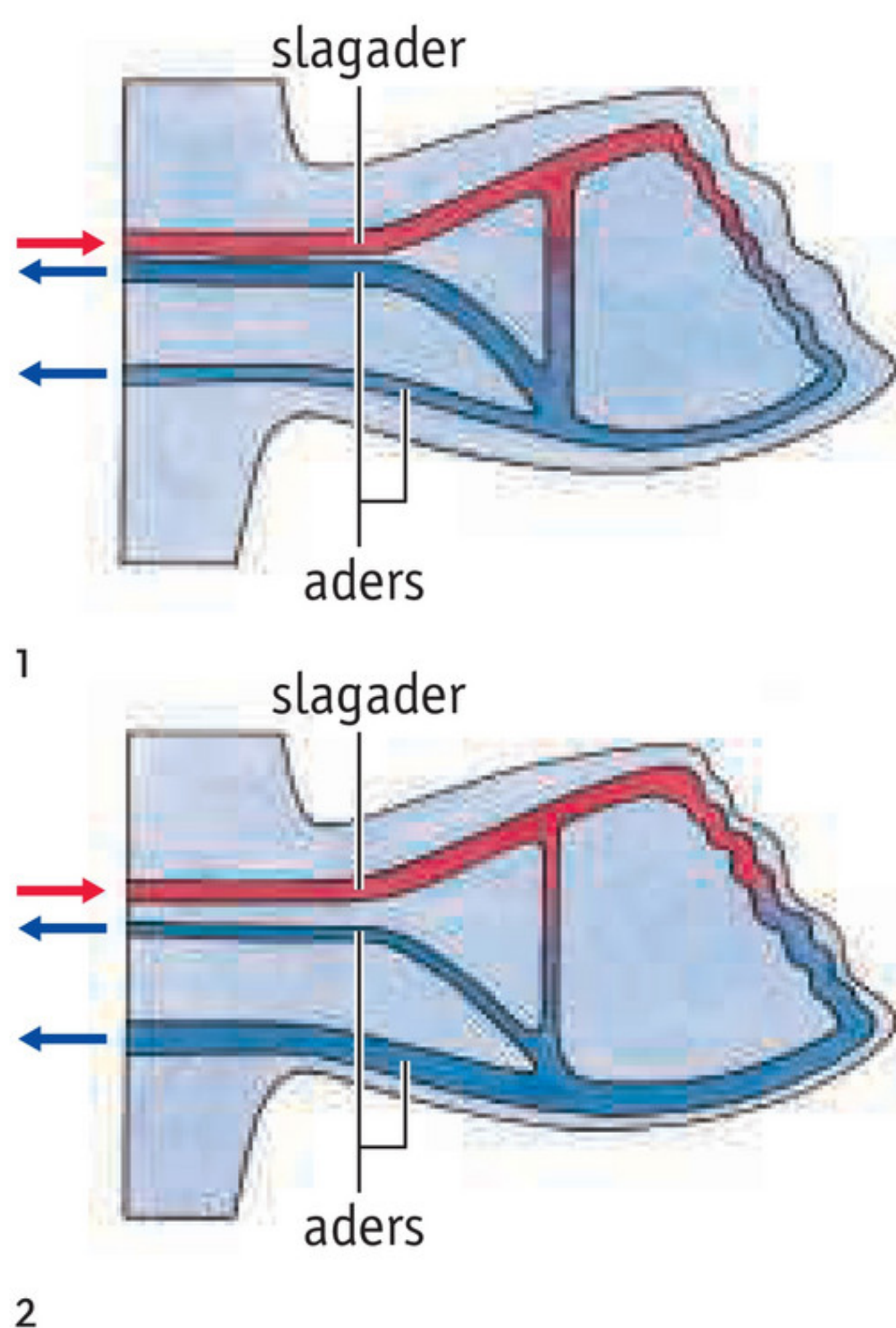
In een koude omgeving geeft het lichaam minder warmte af doordat bloedvaten in de huid vernauwen. Ook wordt er minder zweet geproduceerd en gaan de lichaamsharen rechtop staan: 'kippenvel'. Dit gebeurt door samentrekking van kleine spiertjes aan de haarzakjes. Door de rechtopstaande haren vermindert de stroming van lucht langs de huid en wordt warmte beter vastgehouden. Dit effect is bij mensen echter te verwaarlozen, omdat de beharing van het lichaam gering is.

De hoeveelheid warmte die een lichaam kan vasthouden of afgeven, hangt af van de verhouding tussen het lichaamsoppervlak en het volume (inhoud) ervan. Als het oppervlak vergeleken met de lichaamsinhoud groot is, verliest een organisme gemakkelijk veel warmte. Is de verhouding omgekeerd, dan houdt het organisme gemakkelijk warmte vast.

opdrachten

- 33** De reddingsbrigade langs de Nederlandse kust waarschuwt elk voorjaar zwemmers die een duik willen nemen in zee voor hypothermie (onderkoeling). Bij een zeewatertemperatuur van 5 °C ben je in zwemkleding binnen een halfuur onderkoeld. Toch is dit maar een ruwe schatting, omdat er geen wetmatigheden zijn over de overlevingskansen in water. De werkelijke overlevingstijd hangt af van veel factoren, zoals lichaamsbouw, hoeveelheid onderhuids vet, gebruik van alcohol, kleding, geslacht, windsnelheid en lichamelijke conditie.
- a** De hoeveelheid warmte die een lichaam kan vasthouden of afgeven, hangt af van de verhouding tussen het lichaamsoppervlak en het volume (inhoud). Vergelijk drie kubussen. Kubus A heeft zijden van 1 cm, kubus B heeft zijden van 2 cm en kubus C heeft zijden van 3 cm. Welke kubus heeft het grootste oppervlak in verhouding tot de inhoud? Laat je berekening zien.
 - b** Kinderen hebben eerder te maken met hypothermie dan volwassenen. Verklaar dit verschil.
 - c** Verklaar het verschil in overlevingstijd in water tussen mannen en vrouwen.
 - d** Welke invloed heeft het gebruik van alcohol op de overlevingstijd in het water? Leg je antwoord uit.
 - e** Het is niet verstandig om zeewater te drinken terwijl je op hulp wacht. Leg dit uit.
- 34** Het aantal zweetklieren bij een volwassen persoon wordt geschat op twee tot drie miljoen. Ze zijn niet gelijkmatig over de huid verspreid. In de huid van de handpalmen en voetzolen, van de rug en oksels en van het voorhoofd bevinden zich veel zweetklieren. Wanneer je veel zweet, verandert de osmotische waarde van het bloed. Hoe zorgt het lichaam er door negatieve terugkoppeling voor dat de waterhuishouding wordt hersteld? Gebruik in je antwoord: *ADH – osmotische waarde*.
- 35** Dieren zijn meestal goed aangepast aan hun leefomgeving.
- a** Grote pinguïns leven in koude gebieden en de kleine soorten in minder koude gebieden. Leg uit waarom.
 - b** Olifanten koelen niet zo gemakkelijk af via de huid door hun dikke hoornlaag. Welke aanpassing zorgt ervoor dat olifanten kunnen afkoelen ondanks hun grootte en dikke hoornlaag?
 - c** Muizen zijn actieve dieren en constant op zoek naar voedsel. Hoe kun je dit gedrag verklaren op basis van hun oppervlak en volume?
 - d** Vogels hebben geen zweetklieren, maar gebruiken hun snavel als koelsysteem. Op het heetst van de dag begint een struisvogel spontaan te hijgen. Het 'koelhijgen' heeft niets te maken met buiten adem zijn na lichamelijke inspanning. Leg uit dat het 'koelhijgen' dezelfde functie heeft als zweten.

- ▼ **Afb. 39** Tegenstroomprincipe bij een ledemaat van een zoogdier bij verschillende omgevingstemperaturen (schematisch).



- 36 In de ledematen van bepaalde zoogdieren kan het bloed in de richting van het hart worden vervoerd door aders die aan de oppervlakte liggen, en door aders die dicht langs de slagaders lopen (zie afbeelding 39).
- Welke verschillen zijn er tussen de bloedvaten in de twee afbeeldingen?
 - In welke afbeelding is de warmte-uitwisseling tussen het bloed in de slagader en het bloed in de ernaast gelegen ader het grootst?
 - In welke afbeelding is de omgevingstemperatuur het laagst? Leg je antwoord uit.

CONTEXT

Leefwereld

- ▼ **Afb. 40** Het is een misvatting dat je zo veel mogelijk moet drinken bij een marathon.



De Nijmeegse Vierdaagse

Bij lichamelijke inspanning zweet je. Zweet bevat behalve water ook zouten. Normaal is het verlies van zouten geen probleem. 'Dat verlies aan zout vul je moeiteloos aan door de pizza die er 's avonds weer in gaat,' zegt Hein Daanen, hoogleraar thermofysiologie aan de VU en onderzoeker bij TNO. 'De waterkanaaltjes in de zweetklieren pompen bovendien een deel van de zouten terug. De lichaamsvloeistof wordt zouter en daardoor is het zweet op de huid minder zout dan onze lichaamsvloeistof. Wie veel zweet, moet dus juist geen extra zout eten, want dat versterkt het probleem. Je moet wel voldoende water drinken,' aldus Daanen.

Dat is anders als je in de hitte bijvoorbeeld de Vierdaagse loopt. Bij een onderzoek stelden Nijmeegse artsen vast dat 5% van deelnemers aan de Vierdaagse een tekort aan zouten had. Sommige lopers hadden wel 12 L water gedronken. 'Wie zó veel drinkt, heeft wél wat extra zout nodig,' zegt Daanen. Het gevaar is dan niet dat je te veel zouten verliest, maar dat je te veel water drinkt. Door de overmaat aan water wordt de zoutconcentratie te laag met een watervergiftiging als gevolg. Niet alle marathonlopers hebben dit overleefd. Naar: *de Volkskrant*, 17 juli 2015.

opdracht

- 37** Niet alleen door de Vierdaagse of een marathon kun je een watervergiftiging oplopen. Ook bezoekers van grote dancefeesten die xtc hebben gebruikt, kunnen een watervergiftiging oplopen.
- a** De osmotische waarde van intercellulair vocht daalt als gevolg van een watervergiftiging.
Welk gevolg heeft dit voor de lichaamscellen zelf?
- b** Vooral hersencellen ondervinden het gevaar van een watervergiftiging. Dit kan onder andere leiden tot hoofdpijn, een verlaagd bewustzijn en zelfs een coma.
Geef een verklaring voor deze verschijnselen.
- c** Wandelaars van de Vierdaagse en marathonlopers moeten afgaan op hun dorstgevoel. Xtc-gebruikers moeten dit juist niet doen.
Verklaar dit verschil.
- d** Hein Daanen is thermofysioloog.
Zoek op internet uit wat een thermofysioloog bestudeert.
- e** In dit thema heb je gezien hoe de homeostase van het lichaam kan worden verstoord. Sporters en sportfysiologen hebben hiermee te maken.
Vind jij het voor jezelf van belang om dit soort zaken te weten? Leg uit waarom wel of niet.

**►► OLYMPIADE OPDRACHT 10**

Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.

- Doe online de verrijkingsstoffen, flitskaarten en Test Jezelf.
- Ga in het boek verder met de Samenhang en de Examentrainer.

Leerdoelen

- Je kunt het nut van uitscheiding toelichten voor verschillende organisatieniveaus van de biologie.
- Je kunt de biologische vakvaardigheden evolutionair en ecologisch denken toepassen op de samenwerking van uitscheidingsorganen bij het handhaven van de homeostase.

► **Afb. 1** Een rijk banket.

De koningsziekte

Veel staatslieden, koningen en hun hofhouding, edelen en priesters hadden vroeger last van een ontstoken grote teen. Hoe kwamen zij daaraan? Speelde de wijn, die rijkelijk vloeide, een rol? Of de overvloedige maaltijden? En klopt het dat deze ‘koningenziekte’ inderdaad alleen voorkomt bij welgestelde mensen?

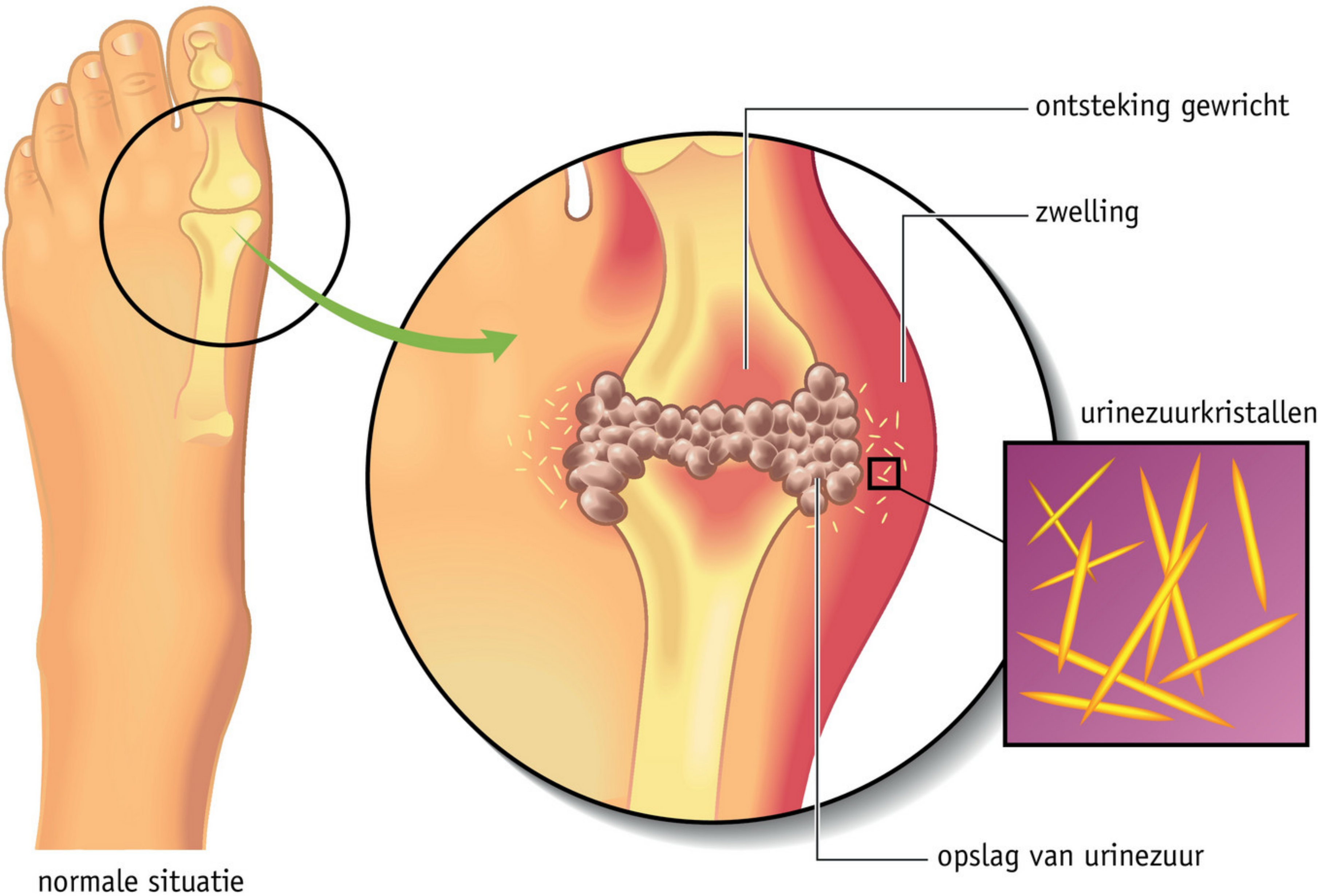
Toen de Britten in 1703 in plaats van Franse wijn Portugese port gingen drinken, brak een epidemie uit van de ‘koningenziekte’ onder de edelen. De port was verscheept in vaten gemaakt van het zware metaal lood. Nu hoeft dat geen probleem te zijn, want ons lichaam zit vol zware metalen. Vaak vormen ze de actieve centra van enzymen. Maar de ellende met zware metalen zoals lood en cadmium is dat ze onze eigen zware metalen verdringen, zodat de enzymen worden geïnactiveerd. Dat is bijvoorbeeld het geval in de nieren, die daardoor hun werk niet meer goed kunnen doen.



Ook via het voedsel krijgen we zware metalen binnen. Zware metalen hopen zich op in de voedselketen, doordat ze niet afbreekbaar zijn. Gelukkig raken we ze kwijt via onze haren, nagels en huid, via de nieren en via de gal. Maar niet alles. Een deel komt terecht in de lever en wordt daar opgeslagen. Tja, en als je die dan eet ...

Nu stonden juist bij de welgestelden regelmatig ganzenlever, patrijs, wildgebraad, kreeft, zalm, tonijn en asperges op het menu. Wat al dat lekkers gemeen heeft, is dat het een hoog gehalte aan restanten van DNA heeft die bij de spijsvertering vrijkomen. Hiervan worden adenine en guanine door enzymen omgezet in urinezuur. En juist urinezuur dreigt de homeostase van het bloed te verstoren. Normaal wordt de pH van het bloed door bufferstoffen binnen de perken gehouden. Komt er een teveel aan urinezuur, dan wordt dat uitgescheiden door de nieren. En als de nieren het niet meer aankunnen, dan kristalliseert het urinezuur. Het urinezuur wordt opgeslagen, vooral in de gewrichten van handen en voeten. Eén minpuntje: de kristallen van urinezuur zijn naaldvormig. En dát voelt de koning in zijn grote teen. Tegenwoordig weten we dat het gaat om jicht en dat iedereen het kan krijgen.

► **Afb. 2** Jicht in de voet.



Organisatie-niveau	Begrip
Biosfeer	-
Ecosysteem	
Populatie	-
Organisme	
Orgaanstelsel	-
Orgaan	
Cel	-
Molecuul	

opdrachten

- 1

Neem de tabel over en noteer begrippen uit de tekst bij het juiste organisatieniveau.
- 2

Jicht ontstaat door een overmaat aan urinezuur.

a

Door welke twee oorzaken ontstaat een overmaat aan urinezuur?

b

Urinezuur kristalliseert vooral in de gewrichten van handen en voeten. Leg uit waarom juist in deze delen.

c

Bij de behandeling van een tumor door chemotherapie ontstaat dikwijls een overmaat aan urinezuur. Geef hiervoor een verklaring.
- 3

Zalm en tonijn zijn roofvissen.

a

Hoe komt het dat je via deze vissen meer kans hebt zware metalen binnen te krijgen?

b

Lood kun je niet alleen via het voedsel binnenkrijgen, maar ook via je longen. Bij de uitvoering van sommige beroepen heb je zelfs meer kans op de inademing van lood. Geef twee voorbeelden van risicoberoepen. Maak hierbij gebruik van internet en de zoekterm beroepsziekte.

c

Je zou kunnen zeggen dat de welgestelden de jicht aan zichzelf te wijten hadden. Eigen schuld, dikke bult. Hadden ze maar niet zo veel moeten eten. Ben je het met deze stelling eens? Leg uit waarom wel of niet.
- 4

In de loop van de evolutie is door een mutatie het enzym uricase bij de mens verloren gegaan.

a

Wat is de functie van uricase?

b

Leg uit hoe het komt dat bij mensen wel jicht voorkomt en bij de andere zoogdieren niet. Gebruik zo nodig boeken en/of internet.

practicumopdracht 1

MATERIAAL

- een blad, bijvoorbeeld van een tulp, liguster of Chinese roos, of de stengel van een boonplant
- een microscoop
- prepareermateriaal

Practica

Huidmondjes

►► BASISSTOF 1

In deze practicumopdracht bekijk en teken je huidmondjes. Hiervoor gebruik je een blad van een tulp, liguster of Chinese roos. Het doel van deze opdracht is dat je in een preparaat van een huidmondje de volgende delen kunt herkennen: **opperhuid – sluitcel**.

METHODE

- Maak een preparaat van een vliesje van een blad (zie afbeelding 1). Dit gaat ook goed met plakband.
- Bekijk het preparaat bij een vergroting van 100× en zoek een huidmondje op.
- Bekijk het huidmondje bij een vergroting van 400×. Maak een tekening van het huidmondje met sluitcellen en omringende epidermiscellen.

▼ **Afb. 1** Een bladvliesje prepareren.



RESULTAAT

Een tekening van een huidmondje met sluitcellen en omringende epidermiscellen.

practicumopdracht 2

MATERIAAL

- een spirometer
- een glazen klok

Bepaling van de vitale capaciteit

►► BASISSTOF 2

Jongens zijn gemiddeld groter dan meisjes. In deze practicumopdracht onderzoek je de invloed van het geslacht op de vitale capaciteit van de longen.

ONDERZOEKSVRAAG

Hebben jongens gemiddeld grotere longen en dus ook een grotere vitale capaciteit dan meisjes?

HYPOTHESE

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Bedenk een hypothese voordat je aan het experiment begint.
- 2 Waarop is je hypothese gebaseerd?

METHODE

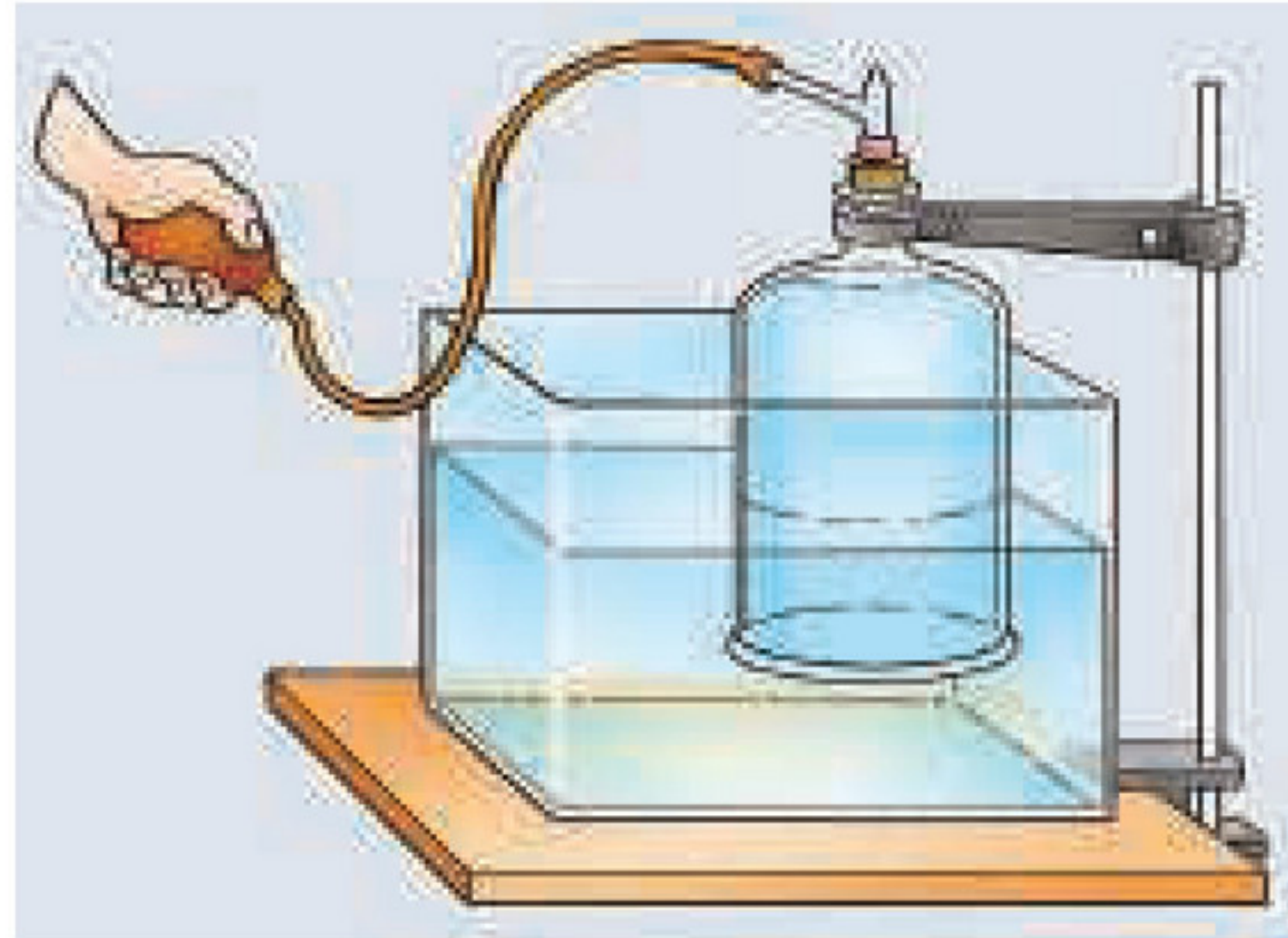
Alle leerlingen uit de klas bepalen hun vitale capaciteit door zo diep mogelijk in te ademen en daarna zo diep mogelijk uit te ademen in de spirometer (zie afbeelding 2) of met de rubberslang in de glazen klok (zie afbeelding 3).

Als je de klok gebruikt, zuig dan eerst met de ballon de lucht uit de klok en sluit het kraantje.

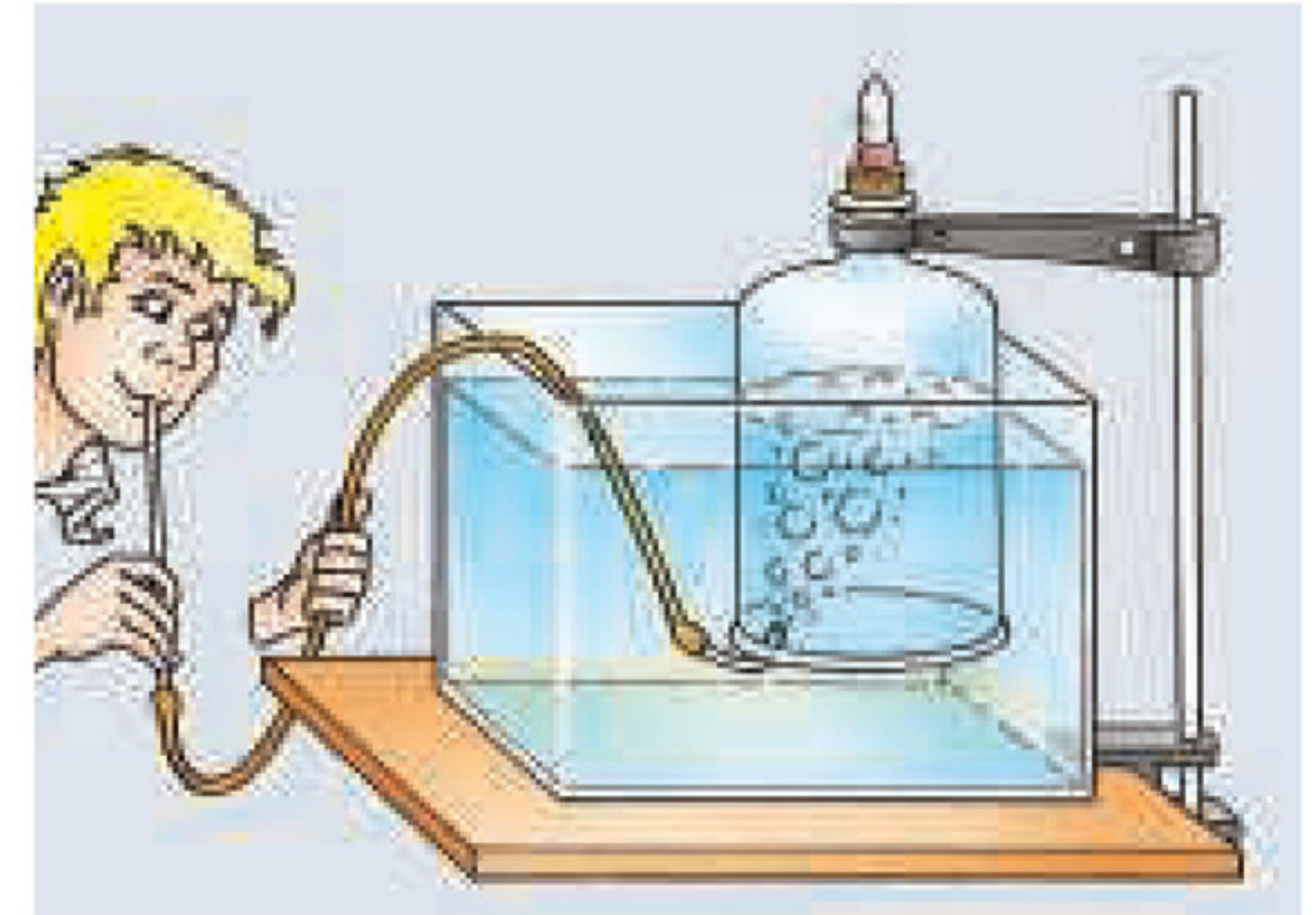
▼ Afb. 2 Spirometer.



▼ Afb. 3 De vitale capaciteit bepalen.



1 de klok leegzuigen



2 in de klok uitademen

Beantwoord de volgende vraag.

3 Welke materialen heb je naast de spirometer of glazen klok nodig?

RESULTAAT

- Noteer van iedereen de vitale capaciteit.
- Maak met de resultaten een schema. Gebruik daarbij aparte kolommen voor jongens en meisjes.
- Bereken van jongens en meisjes de gemiddelde vitale capaciteit.

CONCLUSIE

Beantwoord de volgende vraag.

4 Vergelijk de gemiddelde waarden. Zijn de uitkomsten in overeenstemming met je verwachting?

practicumopdracht 3

MATERIAAL

- een gymzaal met daarin afbakeningen op 20 m van elkaar
- een geluidsfragment met piepjes voor de Shuttle Run
- een computer of laptop

Relatie tussen vitale capaciteit en uithoudingsvermogen

►► BASISSTOF 2

Het uithoudingsvermogen is in de evolutie van de mens sterk ontwikkeld. Jagers renden uren achter een prooi aan, die sneller was, maar het niet zo lang kon volhouden. In deze practicumopdracht onderzoek je de relatie tussen de vitale capaciteit en het uithoudingsvermogen. Hierbij wordt het uithoudingsvermogen bepaald met een Shuttle Run Test.

ONDERZOEKSVRAAG

Hebben personen met een groot uithoudingsvermogen gemiddeld een grotere vitale capaciteit dan personen met een minder groot uithoudingsvermogen?

HYPOTHESE

Formuleer een hypothese.

METHODE

- Voer de Shuttle Run Test uit. Ga als volgt te werk. Je rent tussen twee lijnen op 20 m van elkaar heen en weer. Na elke minuut hoor je een piepje en gaat de snelheid met 0,5 km omhoog (een hele trap). In totaal zijn er twintig trappen. Bij het keerpunt zet je één voet op de lijn en dan ren je weer terug met een zo kort mogelijke draai. Je stopt met de test als je voelt dat je moet stoppen of als je drie keer achter elkaar te laat op de lijn komt.
- Noteer de trap die je als laatste hebt gehaald.

- Maak een tabel met drie kolommen: naam, trap en vitale capaciteit (L).
- Noteer de gegevens van alle klasgenoten in een tabel. De vitale capaciteit neem je over van practicumopdracht 2.
- Maak (in Excel of een vergelijkbaar programma) een spreidingsgrafiek van de resultaten.
- Onderzoek of er sprake is van een lineair verband tussen de trappen en de vitale capaciteit door het toevoegen van een lineaire trendlijn. Zo'n trendlijn gebruik je om een regelmatige stijging of daling weer te geven.
- Onderzoek de betrouwbaarheid van dit verband door het toevoegen van de R^2 -waarde. Een trendlijn is het meest betrouwbaar als de R^2 -waarde 1 is of 1 benadert.

RESULTAAT

Een grafiek met lineaire trendlijn en R^2 .

CONCLUSIE

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Welke conclusie kun je op basis van de grafiek trekken over het verband tussen de vitale capaciteit en het uithoudingsvermogen bij de leerlingen in je klas?
- 2 Bevestigt jouw conclusie je hypothese? Zo nee, hoe kun je dit verklaren?

DISCUSSIE

Beantwoord de volgende vraag.

- 3 Hoe betrouwbaar is het uitgevoerde onderzoek?

practicumopdracht 4

MATERIAAL

- een vast preparaat van leverweefsel
- een microscoop

Leverweefsel

►► BASISSTOF 3

De lever bestaat uit heel veel, zeshoekige leverlobjes. In deze practicumopdracht bekijk je met een microscoop een leverpreparaat en maak je een schematische tekening.

METHODE

- Bekijk een vast preparaat van leverweefsel bij een vergroting van 400×.
- Zoek een leverlobje op.
- Teken een leverlobje.
- Zet de namen bij de delen.

RESULTAAT

Een schematische tekening van een leverlobje.

practicumopdracht 5

MATERIAAL

- een bekglas van 250 mL
- 4 reageerbuisen en een reageerbuisrek
- een doorboorde kurk
- een kunststofslangetje
- een weegschaal
- een stukje lever
- een stukje biefstuk
- een mortier en vijzel
- scherp zand
- waterstofperoxideoplossing (H_2O_2) van 3%

Katalase in lever en spierweefsel

BASISSTOF 3

Onder invloed van katalase wordt waterstofperoxide afgebroken tot water en zuurstof volgens $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$. Het enzym komt bij veel soorten organismen voor. Alle cellen van een organisme bezitten dit enzym, maar is de hoeveelheid gelijk? In deze practicumopdracht onderzoek je of lever en spierweefsel per gram evenveel katalase bevatten.

ONDERZOEKSVRAAG

Bevatten lever en spierweefsel per gram evenveel katalase?

HYPOTHESE

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Bedenk een hypothese voordat je aan het experiment begint.
- 2 Waarop is je hypothese gebaseerd?

METHODE

- Maak een proefopstelling zoals in afbeelding 4 is weergegeven.
- Vul reageerbuis 1 nog niet. Vul reageerbuis 2 met water.
- Weeg een stukje lever van 1 g af.
- Wrijf het stukje lever fijn in de mortier met scherp zand. Breng dit mengsel in reageerbuis 1.
- Breng 5 mL waterstofperoxide in reageerbuis 1. Pas op met morsen! Plaats de reageerbuis onmiddellijk in het rek.
- Meet na 20 seconden de hoogte van de gasbel in reageerbuis 2.
- Noteer je resultaten in een tabel.
- Herhaal de proef met een stukje biefstuk van 1 g.

RESULTAAT

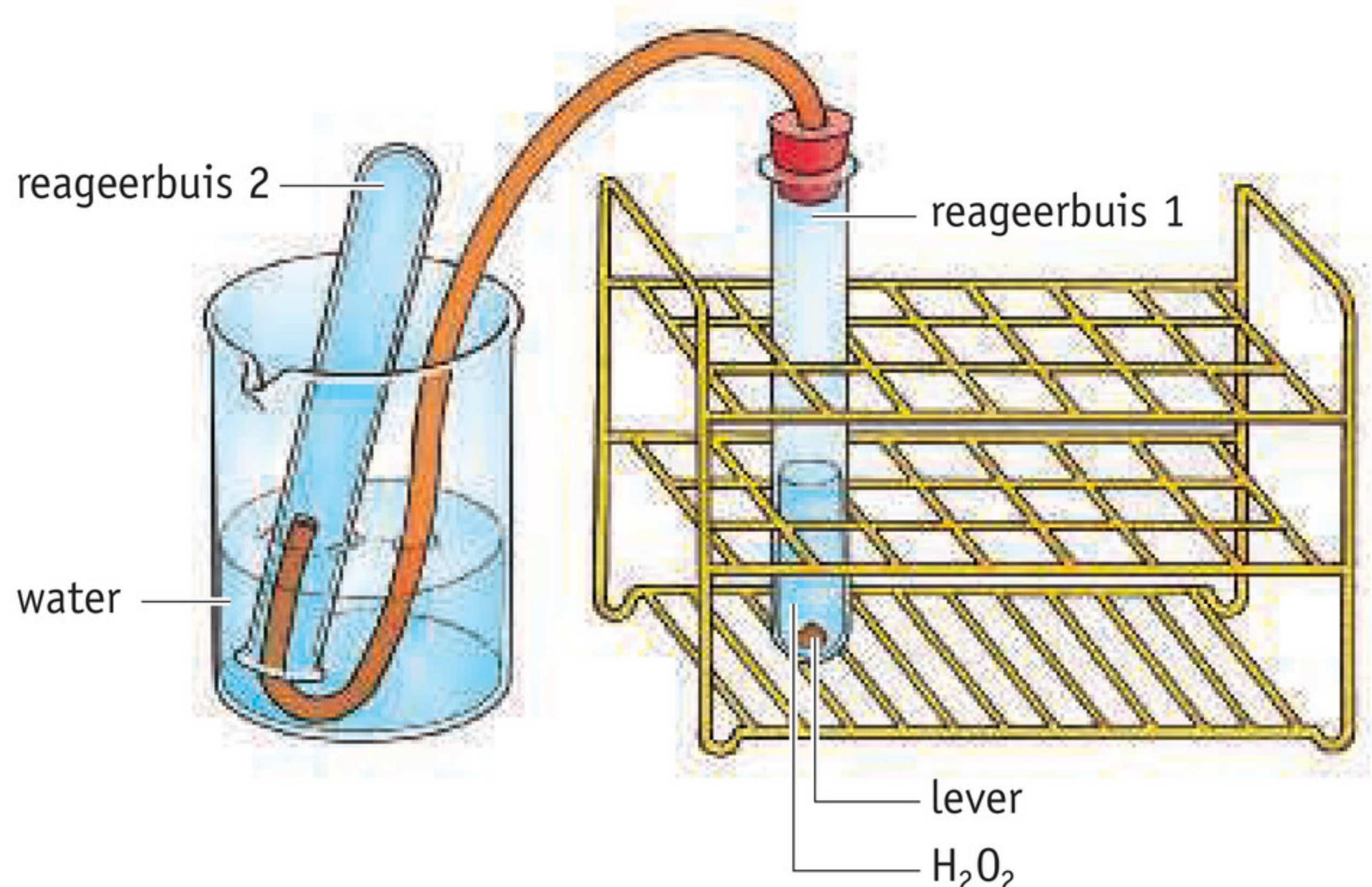
Een tabel met de resultaten.

CONCLUSIE

Beantwoord de volgende vragen.

- 3 Welke conclusie kun je trekken?
- 4 Bevestigt jouw conclusie je hypothese? Zo nee, hoe kun je dit verklaren?

► **Afb. 4** Proefopstelling om de hoeveelheid katalase te bepalen.



Samenvatting

LEERDOEL 1 ►► BASISSTOF 1

Je kunt van delen van het ademhalingsstelsel de functies en kenmerken noemen.

- Neusholte met reukzintuig en bekleed met neusslijmvlies.
 - In de neusholte wordt lucht gereinigd, gekeurd, verwarmd en vochtig gemaakt.
- Trilhaarepitheel met slijmproducerende cellen en trilhaarcellen.
 - Aan het slijm blijven kleine stofdeeltjes en ziekteverwekkers kleven.
 - Het slijm wordt door de beweging van trilharen naar de keelholte verplaatst.
- Luchtpijp met trilhaarepitheel.
 - Door hoefijzervormige kraakbeenringen in de wand blijft de luchtpijp openstaan.
- Bronchiën met trilhaarepitheel en kraakbeenringen.
- Bronchiolen.
 - De bronchiolen kunnen zich door spierweefsel in de wand verwijden en vernauwen.
- Longblaasjes met longhaarvaten.
 - In de longblaasjes vindt de gaswisseling plaats.
 - Een groot oppervlak, een dunne wand en een groot verschil in zuurstof- en koolstofdioxidespanning bevorderen de gaswisseling.

LEERDOEL 2 ►► BASISSTOF 1

Je kunt uitleggen hoe het interne milieu min of meer constant wordt gehouden door de longen.

- In de longhaarvaten worden O_2 -moleculen gebonden aan hemoglobine in rode bloedcellen.
 - Door de binding van O_2 aan Hb blijft er een verschil bestaan tussen de pO_2 in het vocht in de longblaasjes en de pO_2 in het bloedplasma, waardoor meer zuurstof kan worden opgenomen.
- Door het concentratieverschil vindt diffusie plaats van O_2 uit de haarvaten naar de weefsels en van CO_2 uit de weefsels naar het bloed.
 - Een groot deel van dit CO_2 wordt door het bloedplasma vervoerd; een ander deel wordt gebonden aan hemoglobine.
 - In de longhaarvaten laten de CO_2 -moleculen los van de hemoglobine.
 - De pH van het bloed wordt beïnvloed door de pCO_2 . Wanneer de pCO_2 toeneemt, daalt de pH en komen er meer O_2 -moleculen vrij.
 - De longen kunnen door aanpassing van de longventilatie de uitscheiding van CO_2 reguleren.

LEERDOEL 3 ►► BASISSTOF 1

Je kunt de werking van organen voor gaswisseling bij planten beschrijven.

- Via huidmondjes gaat koolstofdioxide naar binnen en gaan waterdamp en zuurstof naar buiten.
 - Huidmondjes bevinden zich vooral aan de onderkant van de bladeren.
 - Huidmondjes kunnen open (hoge turgor in de sluitcellen) of dicht (lage turgor in de sluitcellen) zijn.
 - Waterverlies kan worden beperkt door de huidmondjes te sluiten.
 Dit belemmert de opname van CO_2 en daarmee de fotosynthese.

LEERDOEL 4 ►► BASISSTOF 2

Je kunt uitleggen op welke wijze longventilatie tot stand komt.

- Ademhalingsspieren.
 - De buitenste tussenribspieren trekken de ribben en het borstbeen omhoog en naar voren.
 - De binnenste tussenribspieren trekken de ribben en het borstbeen omlaag.
 - De middenrifspieren kunnen het middenrif afplatten.
- Borstvlies en longvlies.
 - Borstvlies: vergroeid met ribben, binnenste tussenribspieren en middenrif.
 - Longvlies: vergroeid met longen.
 - De ruimte tussen borstvlies en longvlies is gevuld met vocht waardoor ze niet van elkaar af gaan.
- Longweefsel: is elastisch en verkeert in een uitgerekte toestand.
 - Hierdoor is de druk in de ruimte tussen borstvlies en longvlies lager dan de druk van de buitenlucht.
- Rustige inademing.
 - De tussenribspieren en de middenrifspieren vergroten het volume van de borstholte.
 - De luchtdruk in de longblaasjes wordt lager dan de druk van de buitenlucht.
 - Lucht stroomt de longen in.
- Rustige uitademing.
 - De tussenribspieren en de middenrifspieren ontspannen zich.
 - De ribben en het borstbeen keren terug naar hun oorspronkelijke stand.
 - Door de druk in de buikholte keert het middenrif terug naar zijn koepelvormige stand.
 - Het volume van de longen wordt kleiner.
 - De luchtdruk in de longblaasjes wordt hoger dan de druk van de buitenlucht.
 - Lucht stroomt de longen uit.

LEERDOEL 5 ►► BASISSTOF 2**Je kunt beschrijven hoe het longvolume verandert tijdens ventilatiebewegingen.**

- Ademvolume: de hoeveelheid lucht die bij een rustige ademhaling wordt in- en uitgeademd.
 - Een deel van de ingeademde lucht blijft in de luchtwegen (de dode ruimte). Deze lucht wordt ongebruikt weer uitgeademd.
- Vitale capaciteit: de hoeveelheid lucht die maximaal per ademhaling kan worden verplaatst.
- Longcapaciteit (totale longvolume): vitale capaciteit + restvolume.
 - Restvolume: blijft na een maximale uitademing achter in de longen.

LEERDOEL 6 ►► BASISSTOF 3**Je kunt de bouw, werking en functies van de lever beschrijven.**

- Leverlobje.
 - Centraal ligt een vertakking van de leverader.
 - In de hoekpunten liggen vertakkingen van de galgang, de leverslagader en de poortader.
 - Bloed komt van de hoekpunten terecht in ruimten tussen de levercellen en stroomt dan naar het midden van een leverlobje.
 - Gal stroomt van de levercellen naar de hoekpunten van een leverlobje.
- Galzuren emulgeren vetten en oliën.
- Afbraak van dode rode bloedcellen.
 - Bilirubine wordt met de gal uitgescheiden.
 - Ijzer wordt opgeslagen.

LEERDOEL 7 ►► BASISSTOF 3**Je kunt uitleggen hoe het interne milieu min of meer constant wordt gehouden door de lever.**

- De lever speelt een rol bij de stofwisseling van koolhydraten, eiwitten en vetten.
 - Glycogeen wordt o.a. in de lever opgeslagen.
- Eiwitstofwisseling.
 - Afbraak van overtollige aminozuren. Hierbij ontstaat ureum.
- Vetstofwisseling.
 - Vorming van niet-essentiële vetzuren (uit andere vetzuren, aminozuren of monosachariden).
- Ontgiften van o.a. alcohol, drugs en medicijnen.
 - Gifstoffen die niet onwerkzaam kunnen worden gemaakt, kunnen in de lever worden opgeslagen (bijv. kwik).

LEERDOEL 8 ►► BASISSTOF 4**Je kunt de bouw, werking en functies van de nieren en de urinewegen beschrijven.**

- Functies van de nieren.

- Uitscheiding van afvalstoffen, schadelijke stoffen en overtollige stoffen uit het bloed.
- De verwijderde stoffen worden samen urine genoemd.
- Constant houden van de osmotische waarde van het interne milieu.
- Urinewegen.
 - Urineleiders: afvoer van urine naar de urineblaas.
 - Urineblaas: tijdelijke opslag van urine.
 - Urinebuis: afvoer van urine naar buiten.
- Delen van een nier.
 - Nierschors: vorming van voorurine.
 - Niermerg: vorming van urine.
 - Nierbekken: verzamelen van urine.
 - Niereenheden liggen in nierschors en niermerg.
- Niereenheid.
 - Aanvoerend slagadertje: vertakt zich tot een haarvatenkluwen (glomerulus) binnen het nierkapseltje.
 - Nierkapseltje (kapsel van Bowman): door ultrafiltratie ontstaat voorurine.
 - Afvoerend slagadertje: vertakt zich tot een haarvatennet om het nierbuisje en voorziet de cellen van het nierbuisje van voedingsstoffen en zuurstof.
 - Nierbuisje: door actief transport vindt terugresorptie van nuttige stoffen uit de voorurine plaats, waardoor de osmotische waarde van het niermergweefsel hoger wordt dan die van het nierschorsweefsel.
 - Verzamelbuisjes: door de hoge osmotische waarde in het niermergweefsel wordt tijdens het transport naar het nierbekken veel water aan de (voor)urine onttrokken.
- Bij de terugresorptie worden nuttige stoffen aan de voorurine onttrokken.
 - Voorurine bevat veel water met o.a. glucose, ionen en ureum (in een lage concentratie).
 - Urine bevat (minder) water met o.a. ionen en ureum (in een relatief hoge concentratie).

LEERDOEL 9 ►► BASISSTOF 4**Je kunt uitleggen hoe het interne milieu min of meer constant wordt gehouden door de nieren.**

- Het antidiuretisch hormoon (ADH) uit de hypofyse stimuleert de terugresorptie van water.
 - ADH verhoogt de doorlaatbaarheid van de celmembranen van het tweede gekronkelde deel van de nierbuisjes en van de verzamelbuisjes.
 - Negatieve terugkoppeling: bij stijgende osmotische waarde geeft de hypofyse meer ADH af aan het bloed.
- In de nier zijn bufferstoffen aanwezig die een tekort aan H⁺-ionen kunnen aanvullen of een overmaat opvangen.

LEERDOEL 10 ►► BASISSTOF 5**Je kunt de bouw en functies van de huid beschrijven.**

- De huid bestaat uit opperhuid en lederhuid.
- Opperhuid: hoornlaag en kiemlaag.
 - Hoornlaag (dode, verhoornde epitheelcellen): bescherming tegen beschadiging, uitdroging en infecties.
 - Kiemlaag (levende epitheelcellen): aanvulling van de hoornlaag van onderaf.
 - Haren ontstaan in haarzakjes die tot de kiemlaag worden gerekend.
- Lederhuid: bindweefsel met zintuigen, zenuwen, haarspiertjes, bloedvaten en zweetklieren.
 - Bloedvaten en zweetklieren spelen een belangrijke rol bij de regeling van de lichaamstemperatuur.
- Onderhuids bindweefsel.
 - Opslag van vet in vetcellen.

LEERDOEL 11 ►► BASISSTOF 5**Je kunt uitleggen hoe de lichaamstemperatuur min of meer constant wordt gehouden door de huid.**

- Thermoregulatie is het herstellen of in stand houden van de gewenste lichaamstemperatuur door organismen.
- De hypothalamus stuurt de regeling van de lichaamstemperatuur.
 - De hypothalamus ontvangt informatie van de koude- en warmtezintuigen in de lederhuid.
- De huid speelt een rol bij de regeling van de lichaamstemperatuur door:
 - de bloedvaten in de huid te verwijden of te vernauwen;
 - verdamping van zweet op het huidoppervlak.
- De hoeveelheid warmte die een lichaam kan vasthouden of afgeven, hangt af van de verhouding tussen het lichaamsoppervlak van een organisme en het volume (de inhoud) ervan.

COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN

Je hebt de volgende vaardigheden geoefend:

- doelgericht zoeken, beoordelen en selecteren van informatie;
- analyseren welke rol kennis over gaswisseling en uitscheiding heeft in natuurwetenschappelijk onderzoek, beroepen en de dagelijkse praktijk;
- weergeven en interpreteren van gegevens;
- toepassen van verschillende fasen van natuurwetenschappelijk onderzoek;
- evalueren van een natuurwetenschappelijk onderzoek;
- verzamelen, bewerken en overzichtelijk weergeven van data;
- geven van een beargumenteerde mening;
- vorm-functiedenken op verschillende organisatieniveaus;
- beredeneren van gevolgen van veranderingen in een levensgemeenschap of ecosysteem.

	SAMENVATTING thema 5 Gaswisseling en uitscheiding	101

Examentrainer

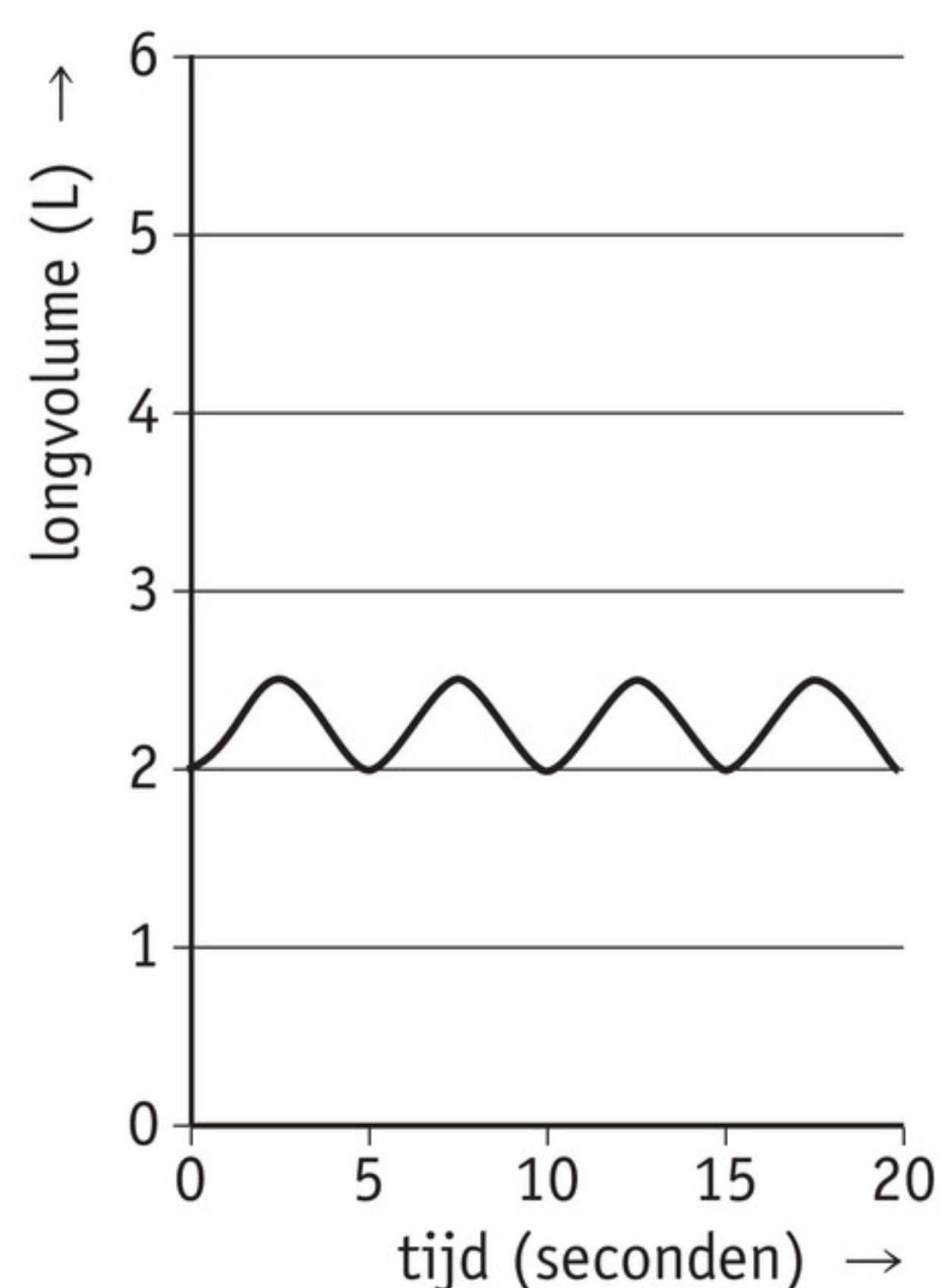
PRACTICUM ADEMHALING

Naar: examen havo 2016-2, vraag 27 tot en met 32.

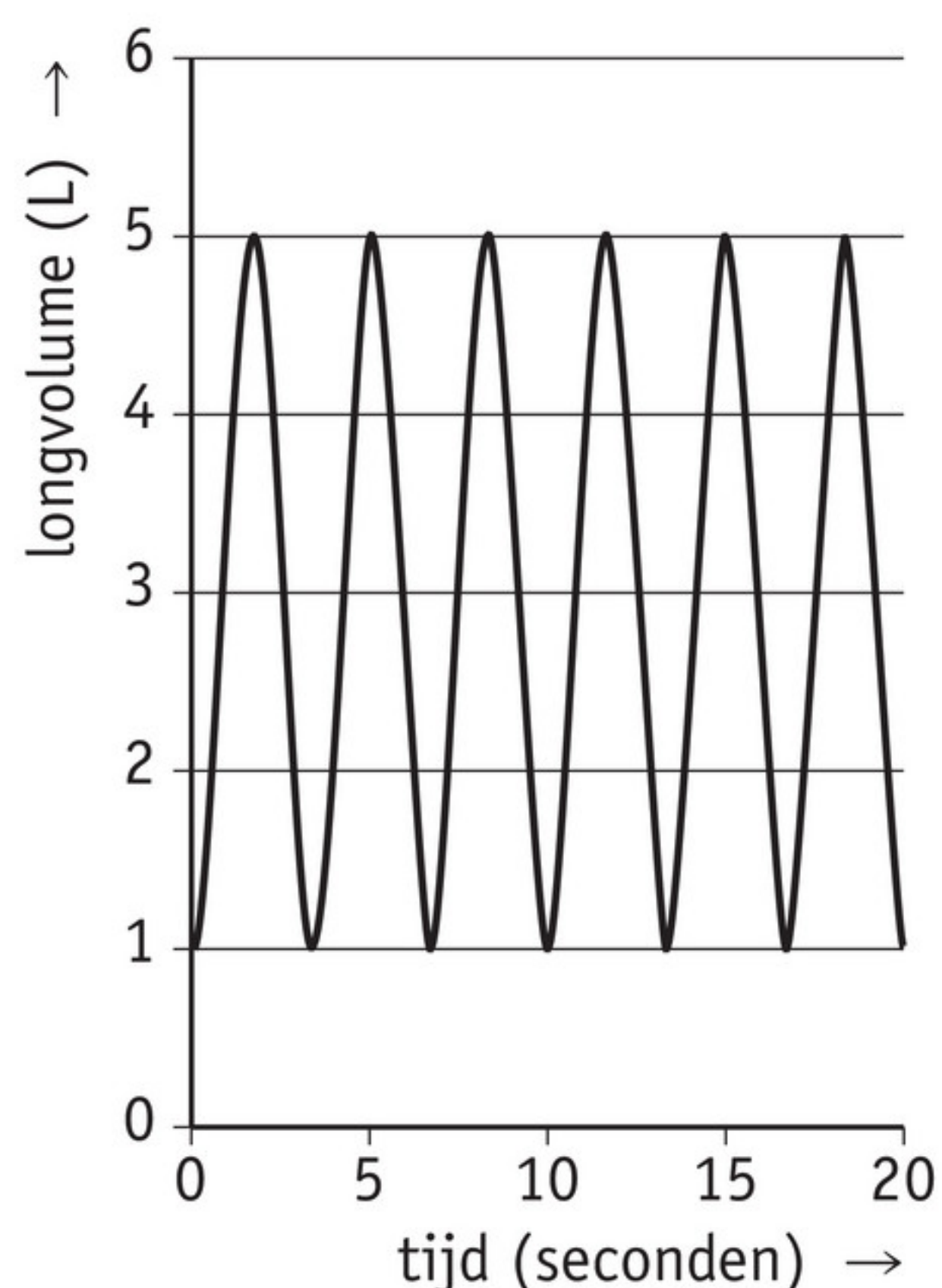
Gaby, Patrick en Chantal doen een practicum om de invloed van inspanning op de ademhaling te bepalen.

De leerlingen doen metingen aan het ademvolume en aan de ademhalingsfrequentie van Gaby. Eén meting tijdens rust en één meting na inspanning. De resultaten geven ze weer in twee respirogrammen; ademhaling in rust: afbeelding 1.1, en ademhaling na inspanning: afbeelding 1.2. Ze nemen aan dat het restvolume 1,0 L is. Met behulp van deze twee diagrammen bepalen de leerlingen het ademminuutvolume: het volume lucht dat per minuut wordt ververs.

▼ Afb. 1 Longvolume.



1 ademhaling in rust



2 ademhaling na inspanning

Ga ervan uit dat Gaby na inspanning (zie afbeelding 1.1) maximaal in- en uitademt.

1p 1 Hoe groot is haar vitale capaciteit?

- 2p 2 – Bereken hoe groot Gaby's ademminuutvolume is in rust. Geef je antwoord in hele liters.
– Bereken hoeveel maal groter haar ademminuutvolume is na inspanning.

De tweede meting werd gedaan na de inspanning. Een deel van de extra zuurstof die dan wordt opgenomen, is nodig omdat na de inspanning enkele spieren en/of spiergroepen actiever zijn dan tijdens de eerste meting (tijdens rust).

2p 3 Noteer drie spieren en/of spiergroepen waarin tijdens meting 2 meer spieractiviteit is dan tijdens meting 1.

Na een flinke inspanning wordt ook zuurstof verbruikt om het product van de anaerobe dissimilatie om te zetten.

- 2p 4 – Welk product is dit?
– In welk orgaan vindt deze omzetting voornamelijk plaats?

Chantal lijdt aan astma. Bij een acute astma-aanval zijn het vooral de spiertjes rond de bronchioli die zich samentrekken.

De leerlingen willen in een respirogram weergeven hoe de ademhaling van Chantal verschilt met die van Gaby. Hierbij gaan ze ervan uit dat Chantal, hoewel ze op dat moment veel last heeft van astma, ongeveer hetzelfde ademminuutvolume tijdens rust wil bereiken als Gaby.

- 2p 5 – Is haar ademfrequentie hoger dan, lager dan of gelijk aan die van Gaby?
– Is haar ademvolume groter dan, kleiner dan of gelijk aan dat van Gaby?

Als ze klaar zijn met de metingen, inhaleert Chantal een medicijn dat de spiertjes rond de bronchioli doet ontspannen. Dit medicijn heeft een werking die overeenkomt met het effect van een bepaald hormoon. Een bekende bijwerking van het medicijn is dat het de hartwerking beïnvloedt.

- 2p 6 Welk gevolg kan optreden als bijwerking van dit medicijn?
- A Het hart gaat onregelmatig kloppen.
 - B Het hart gaat sneller kloppen.
 - C Het hart gaat trager kloppen.
 - D Het slagvolume wordt kleiner.

BIERTJE? OF TOCH MAAR NIET?

Bron: examen havo 2016-1, vraag 22 tot en met 26.

‘Krijg je van alcoholvrij bier net zo’n bierbuik als van gewoon bier?’ Dat vraagt Freek zich af. Zijn vriendin zegt dat hij verslaafd is aan bier en maakt plagerige opmerkingen over zijn figuur. Freek drinkt elke avond wel een paar biertjes en tijdens zijn stapavonden wel tien. Hij kijkt op internet en vergelijkt de voedingswaarde van alcoholvrij bier met die van gewoon bier (zie afbeelding 2).

Gewoon bier heeft een hogere energiewaarde dan alcoholvrij bier.

- 2p 7
- Waardoor wordt het grote verschil in energiewaarde tussen die twee dranken hoofdzakelijk verklaard?
- A

 De alcohol uit gewoon bier levert de extra energie.
- B

 Gewoon bier bevat meer eiwit dan alcoholvrij bier.
- C

 Gewoon bier bevat meer suiker dan alcoholvrij bier.

Bij langdurig overmatig alcoholgebruik neemt de lever in omvang toe. De leverfunctie neemt echter steeds verder af. Een van de symptomen bij een falende lever is een gelige huidskleur.

- 2p 8
- Welke van de volgende falende leverfuncties is een verklaring voor het ontstaan van deze gele kleur?
- A

 De lever kan minder afvalstoffen via de gal verwijderen.
- B

 De lever kan minder alcohol afbreken.
- C

 De lever kan minder aminozuren afbreken.
- D

 De lever kan minder glycogeen opslaan.
- E

 De lever kan minder niet-essentiële aminozuren aanmaken.

Als Freek ’s avonds veel bier drinkt, merkt hij dat hij veel moet plassen en ’s morgens een droge mond heeft. Dat komt doordat alcohol de urineproductie verhoogt.

- 2p 9
- Welke verklaring hiervoor is juist?
- A

 Alcohol remt de hypofyse waardoor minder ADH wordt afgegeven.
- B

 Alcohol remt de ultrafiltratie in de kapsels van Bowman.
- C

 Alcohol stimuleert de hypofyse waardoor meer ADH wordt afgegeven.
- D

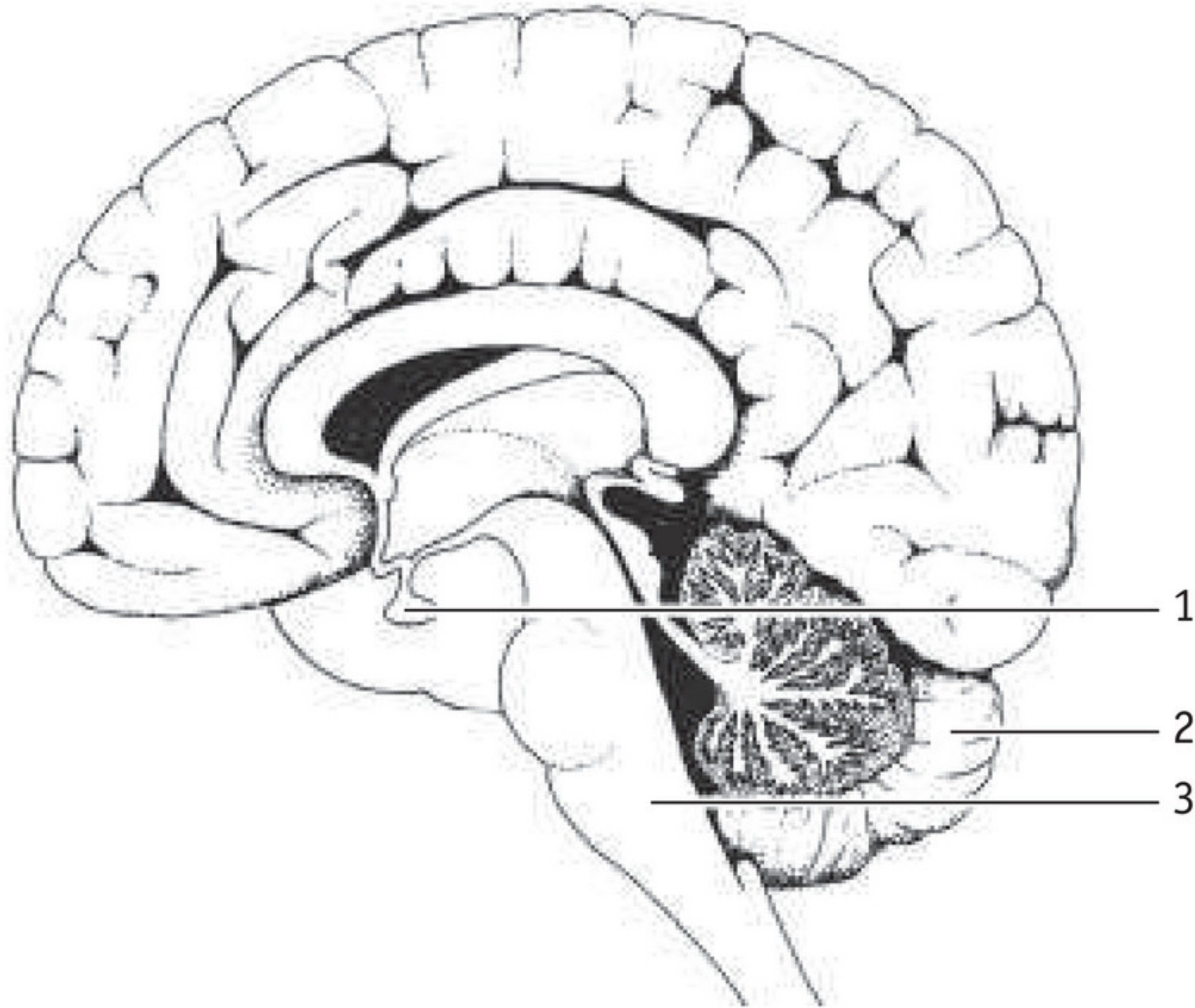
 Alcohol stimuleert de waterresorptie in de nierbuisjes.

▼ Afb. 2 Eenheden per 100 g bier.

	Energie (kJ)	Eiwit (g)	Koolhydraten (g)	Alcohol (g)	Vet (g)	Vitamine B1 (mg)
Bier (alc. 5% vol.)	175	0,5	3,0	4	0	0
Alcoholvrij bier	64	0,3	3,5	0	0	0

Freek besluit om geen alcohol meer te drinken. Daardoor kan hij ook zijn vrienden veilig naar huis brengen. Alcoholgebruik in het verkeer veroorzaakt veel dodelijke slachtoffers. Door een vertraagde reactiesnelheid en een verstoorde motoriek is een persoon die alcohol heeft gedronken, niet in staat om veilig aan het verkeer deel te nemen. Met een blaastest wordt bepaald of iemand te veel alcohol in zijn bloed heeft. Soms wordt een aangehouden persoon gevraagd over een rechte lijn te lopen.

▼ Afb. 3 Delen van de hersenen.



In afbeelding 3 zijn drie delen van de hersenen met nummers aangegeven. Een dronken persoon kan niet goed over een rechte lijn lopen.

- 1p 10
- Noteer het nummer dat het deel van de hersenen aangeeft dat dan niet goed werkt.

De blaastest meet de hoeveelheid alcohol die vanuit de longen in de uitgeademde lucht terechtkomt. Een aantal bloedvaten in alfabetische volgorde is: aorta, bovenste holle ader, halsslagader, longader, longslagader en onderste holle ader.

Een molecuul alcohol wordt vanuit de maag in het bloed opgenomen.

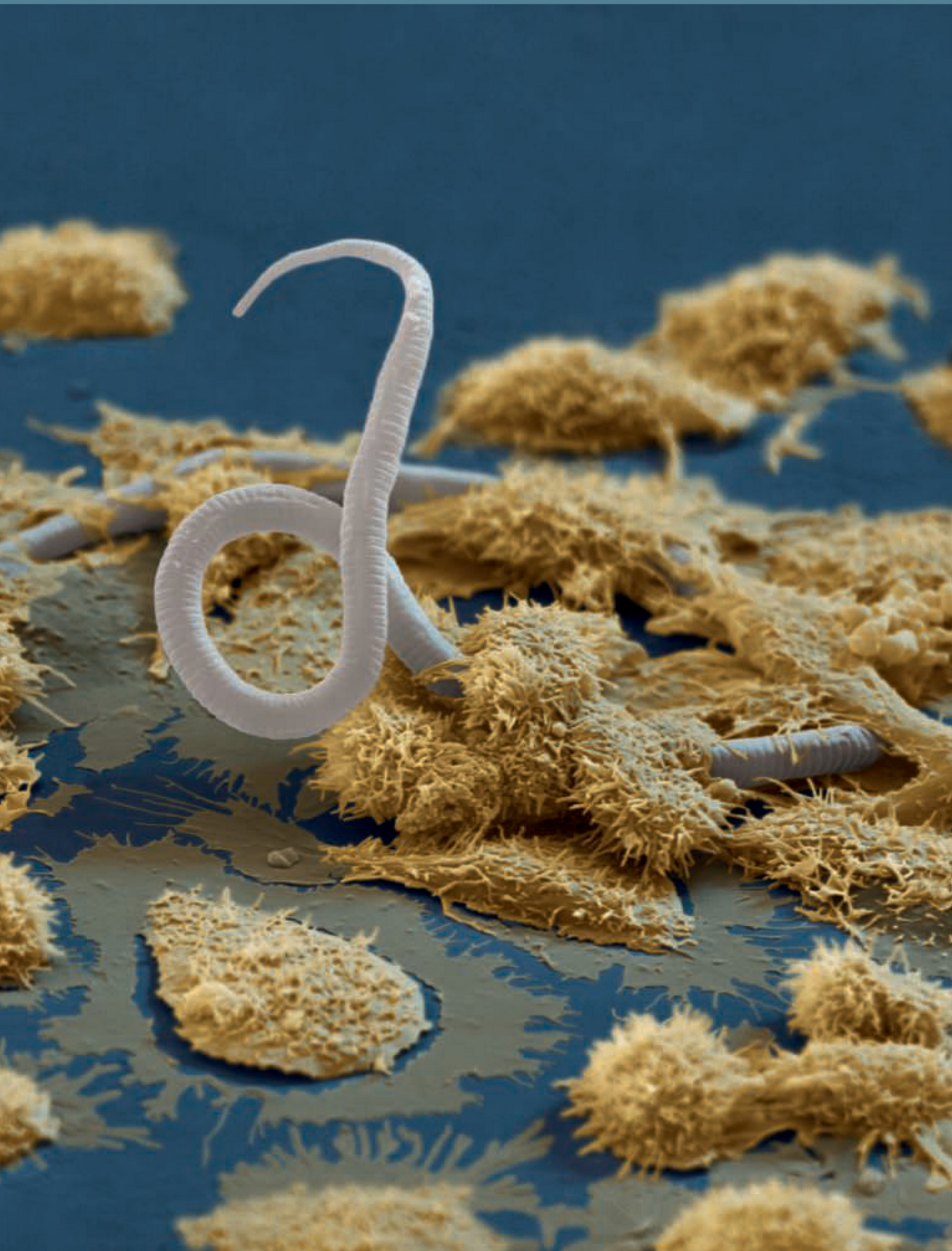
- 2p 11
- Door welke bloedvaten is dit molecuul alcohol in elk geval gekomen als het door een blaastest wordt gemeten? Kies uit de bovenstaande bloedvaten.

6 Afweer

Het afweersysteem verdedigt het lichaam tegen ziekteverwekkers en veranderde eigen cellen. Het wordt onderverdeeld in een aangeboren afweersysteem, dat alle dieren en planten bezitten, en een verworven afweersysteem, dat alleen bij gewervelde dieren voorkomt. Dit thema gaat over de afweerreacties van mensen en planten. Ook de rol van deze afweerreacties bij orgaantransplantaties en bloedtransfusies wordt besproken.

ONTDEKKEN	
Besmettingsgevaar in de crèche?	106
BASISSTOF	
1 Bescherming	108
2 Afweer	114
3 Immuniteit	124
4 Transplantatie en bloedtransfusie	130
SAMENHANG	
Poep, het meest veelzijdige medicijn	138
VERRIJKINGSSTOFFEN	
Allergie	
Presentatie over xenotransplantatie of stamceltherapie	
Leren en werken: GGD-verpleegkundige	
PRACTICA	140
AFSLUITING	
Samenvatting	142
Flitskaarten	
Test Jezelf	
Examentrainer	144







Besmettingsgevaar in de crèche?

►► BASISSTOF 3

Jeanet en Lars herinneren het zich nog als de dag van gisteren. De crèche van hun twaalf maanden oude dochter Floor belde met het bericht dat er bij een kleuter mazelen was geconstateerd en dat deze kleuter contact had gehad met Floor.

In 2013 en 2014 was er een grote mazelenepidemie in Nederland. De meeste patiënten waren niet-gevaccineerde schoolkinderen uit orthodox-christelijke gezinnen. Daarnaast waren onder de zieken veel baby's van nog geen 14 maanden, de leeftijd waarop kinderen in Nederland worden ingeënt tegen mazelen. Tijdens de epidemie

werden ruim honderdtachtig kinderen met mazelen in het ziekenhuis opgenomen. Eén 17-jarige stierf als gevolg van de ziekte. Een paar jaar eerder, in 2008, werden bij een kleinere uitbraak van mazelen vier kinderen in het ziekenhuis opgenomen. Toen waren de zieken voornamelijk kinderen wier ouders vaccinatie hadden afgewezen op grond van hun levensovertuiging.

Floor zat al in het Rijksvaccinatieprogramma. Toch schrokken Jeanet en Lars enorm, want hun dochter was pas een jaar oud en dus nog niet ingeënt tegen mazelen.

‘Floor moest direct in quarantaine.’

Mazelen wordt veroorzaakt door het mazelenvirus. Deze zeer besmettelijke ziekte wordt overgedragen via uitademen, niezen of hoesten. Mazelen begint met koorts, hoesten, neusverkoudheid en oogontsteking. Na twee tot vier dagen ontstaan er rode vlekjes. Van de patiënten krijgt 5 tot 10% oorontsteking, soms met doofheid tot gevolg, 1 tot 5% krijgt een levensbedreigende longontsteking en bij één op de duizend patiënten leidt mazelen tot een acute hersenontsteking, vaak met blijvende hersenschade. Ook Floor kreeg koorts en moest direct in quarantaine. Zij werd steeds zieker, dronk amper en kreeg ook nog eens longontsteking. Haar hartslag was heel hoog en ze zag er slap en uitgeput uit. Door het toedienen van zuurstof, sondevoeding en antibiotica via een infuus kon het leven van Floor worden gered.

Voor Floor is het goed afgelopen. Maar haar ouders waren achteraf verontwaardigd. Zij begrijpen niet dat ouders hun niet-ingeeënte kind naar een kinderdagverblijf brengen waar ook baby's rondkruipen die nog niet zijn ingeënt. De Brancheorganisatie Kinderopvang stelt dat crèches geen kinderen kunnen weigeren, zolang inenting niet verplicht is. Oudervereniging BOinK en een meerderheid van de Tweede Kamer vinden dat ouders in elk geval moeten worden geïnformeerd als er niet-ingeeënte kinderen op de crèche zijn.

Bron: de tekst is gebaseerd op een waargebeurde situatie, de personen zijn fictief. Informatie is onder andere afkomstig uit het artikel ‘Zij gokten met het leven van mijn kind’, Maud Effting, *de Volkskrant*, 15 maart 2014.

opdrachten

Door de hoge vaccinatiegraad in Nederland (95%) is de kans op besmetting met mazelen op een kinderdagverblijf klein. Maar er zijn mensen die hun kinderen niet of niet volledig laten vaccineren. Bij veel van hen speelt religie of levensovertuiging een rol. Andere ouders zijn kritisch over de vermeende gevolgen van een inenting.

Jullie werken als biologen bij de Dienst Voorlichting van het RIVM. Jullie verzorgen daar onder andere de informatie over vaccinaties.

- Jullie werken in viertallen. Oriënteer je op drie verschillende tijdschriften.
 - Kies drie duidelijk verschillende tijdschriften. Denk bijvoorbeeld aan een wetenschappelijk tijdschrift, een populair-wetenschappelijk blad, een vrouwenblad, een blad voor ouders, een magazine bij de zaterdagkrant of een vakblad voor werknemers in de kinderopvang.
 - Beschrijf het niveau en de manier waarop (de noodzaak van) vaccineren in dit tijdschrift het best kan worden uitgelegd. Inventariseer hierbij welke toon, diepgang en invalshoek nodig zijn voor het tijdschrift van jullie keuze.
- Schrijf een artikel van maximaal één A4'tje voor jullie tijdschrift naar keuze.
 - Leg in het artikel uit hoe immuniteit ontstaat en welke verschillende vormen van immuniteit er zijn.
 - Geef ook informatie over (de noodzaak van) vaccinatie. Gebruik hierbij biologische en/of ethische argumenten, gericht op de doelgroep waarvoor je schrijft.
 - Gebruik in jullie artikel de volgende begrippen: *actieve immuniteit* – *kunstmatige immuniteit* – *natuurlijke immuniteit* – *passieve immuniteit* – *vaccinatie*.

De informatie die je nodig hebt voor het artikel vind je op de websites van het RIVM en het Rijksvaccinatieprogramma en in basisstof 3 van dit thema.
- Vorm nieuwe groepen van vier personen. In deze nieuwe samenstelling gaan jullie alle artikelen nauwkeurig bekijken.
 - Verzamel uit de artikelen alle argumenten voor en tegen vaccinatie. Maak daarbij onderscheid tussen biologische en ethische argumenten.
 - Sluit jullie analyse van de artikelen af met een conclusie van maximaal een half A4'tje.

Leerdoelen

- Je kunt de werking en functie van de huid bij de afweer van de mens beschrijven.
- Je kunt de afweermechanismen van planten herkennen.

1 Bescherming

Tussen het inwendige en het uitwendige milieu ligt een beschermende grens van ongeveer 2 m² huid, 80 m² longslijmvlies en 350 m² darmslijmvlies. Gevaarlijke schimmels, bacteriën, virussen en parasieten liggen constant op de loer, maar dringen bijna nooit ons lichaam binnen.

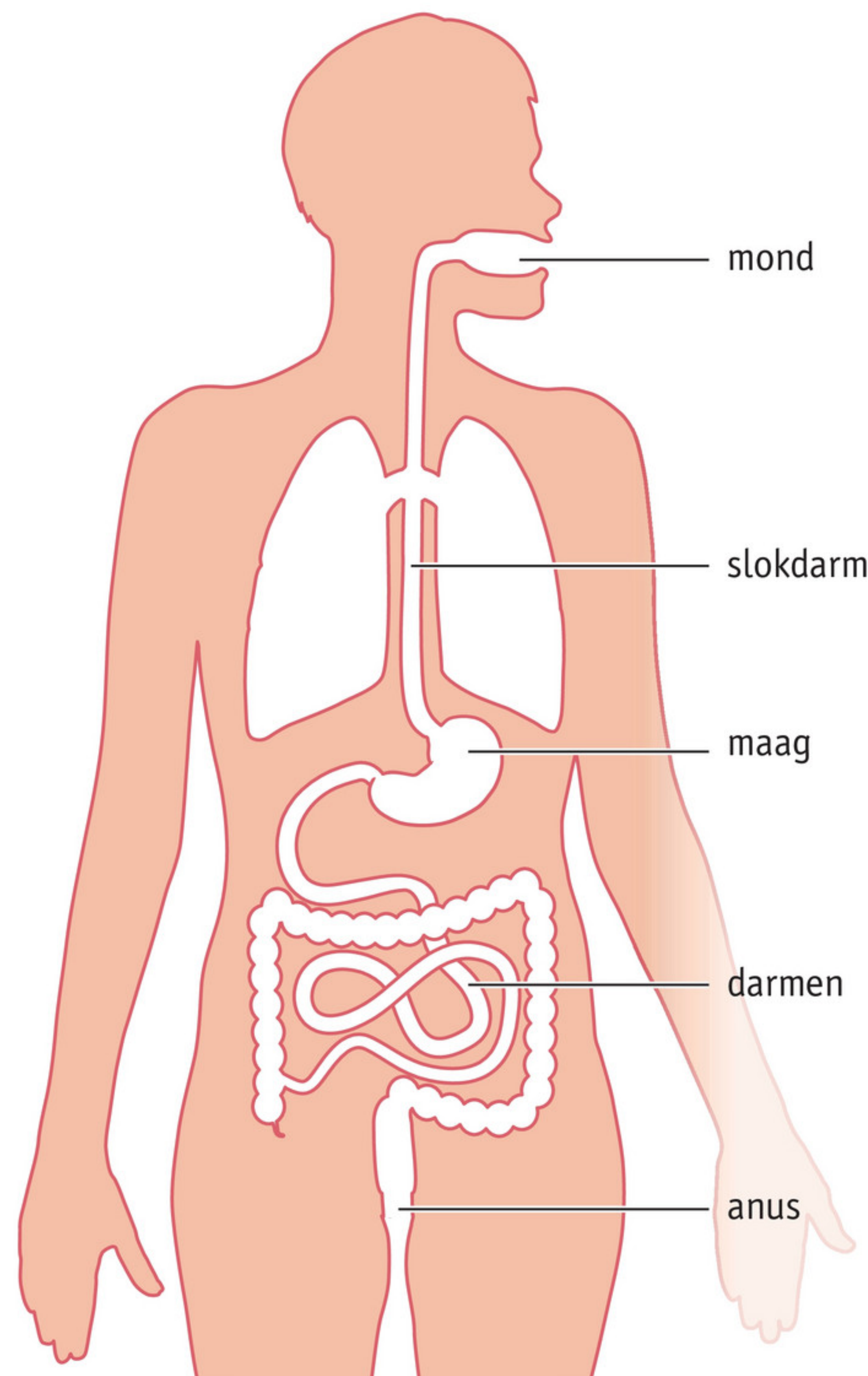
INWENDIG EN UITWENDIG MILIEU

Je lichaam wordt constant belaagd door organismen uit de omgeving die je ziek kunnen maken. Veel van deze **ziekteverwekkers** (pathogenen) zijn erg klein, zoals virussen en bacteriën. Andere zijn groter, zoals schimmels en dieren (bijvoorbeeld insecten).

Het inwendige milieu is gescheiden van het uitwendige milieu door het dekweefsel van de huid, de longen en de darmen (zie afbeelding 1). De inhoud van het maag-darmkanaal hoort bij het uitwendige milieu. Je kunt dit kanaal vergelijken met een holle pijp die is aangesloten op de buitenwereld.

In afbeelding 1 is het inwendige milieu roze gekleurd. Dit deel van het lichaam kan alleen worden bereikt nadat een celmembraan is gepasseerd.

► **Afb. 1** Inwendig en uitwendig milieu.

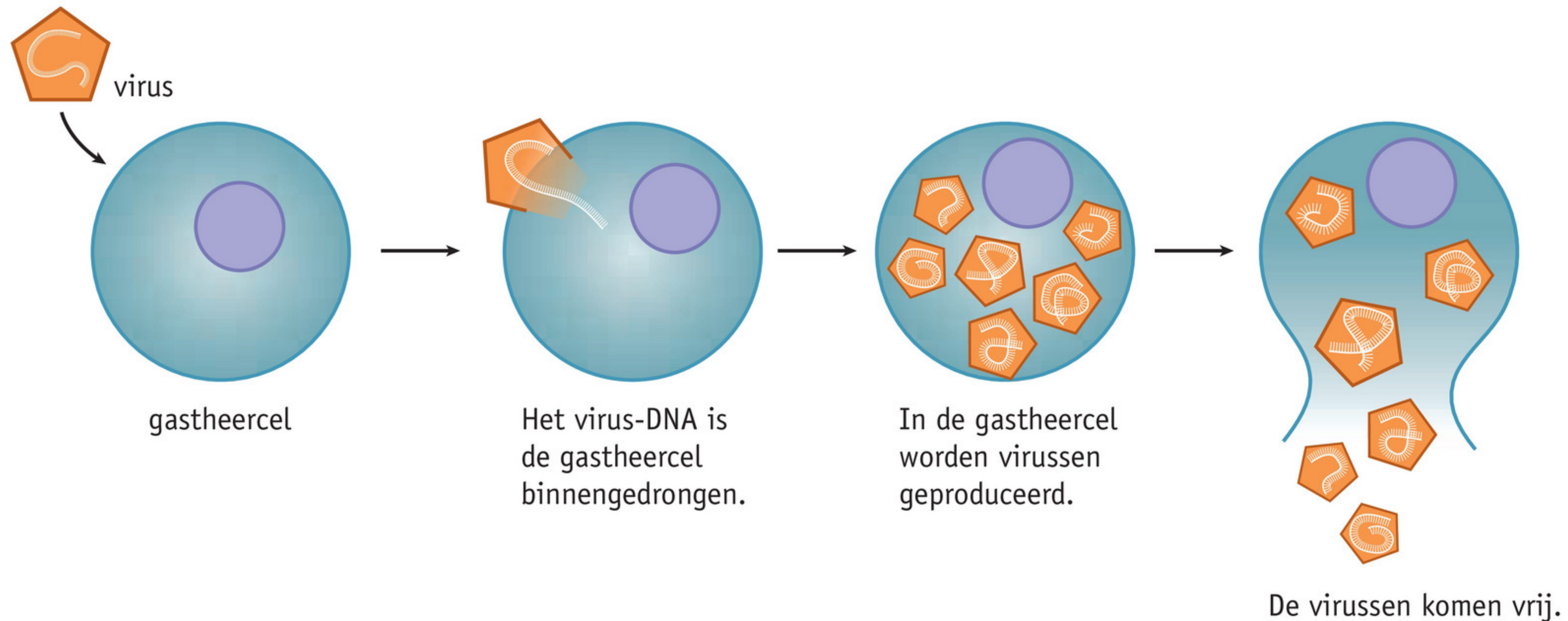


LICHAAMSVREEMDE STOFFEN

Het binnendringen van ziekteverwekkers in je lichaam wordt een **infectie** genoemd. Bij een infectie met bacteriën, schimmels en dieren ontstaan de ziekteverschijnselen veelal door de giftige stoffen die ze afgeven. Schimmels infecteren meestal de huid of de luchtwegen, terwijl bacteriën, virussen en

eencellige dieren vaak ook de rest van het lichaam binnendringen. Virussen infecteren cellen van je lichaam. Veel virussen bestaan uit een streng DNA of RNA met daaromheen een eiwitmantel. Het virus-DNA wordt bij een infectie overgebracht naar gastheercellen. Na het binnendringen van het virus-DNA in de gastheercellen vermenigvuldigt het virus zich in deze cellen, waardoor de cellen doodgaan (zie afbeelding 2).

▼ **Afb. 2** De vermenigvuldiging van een virus.

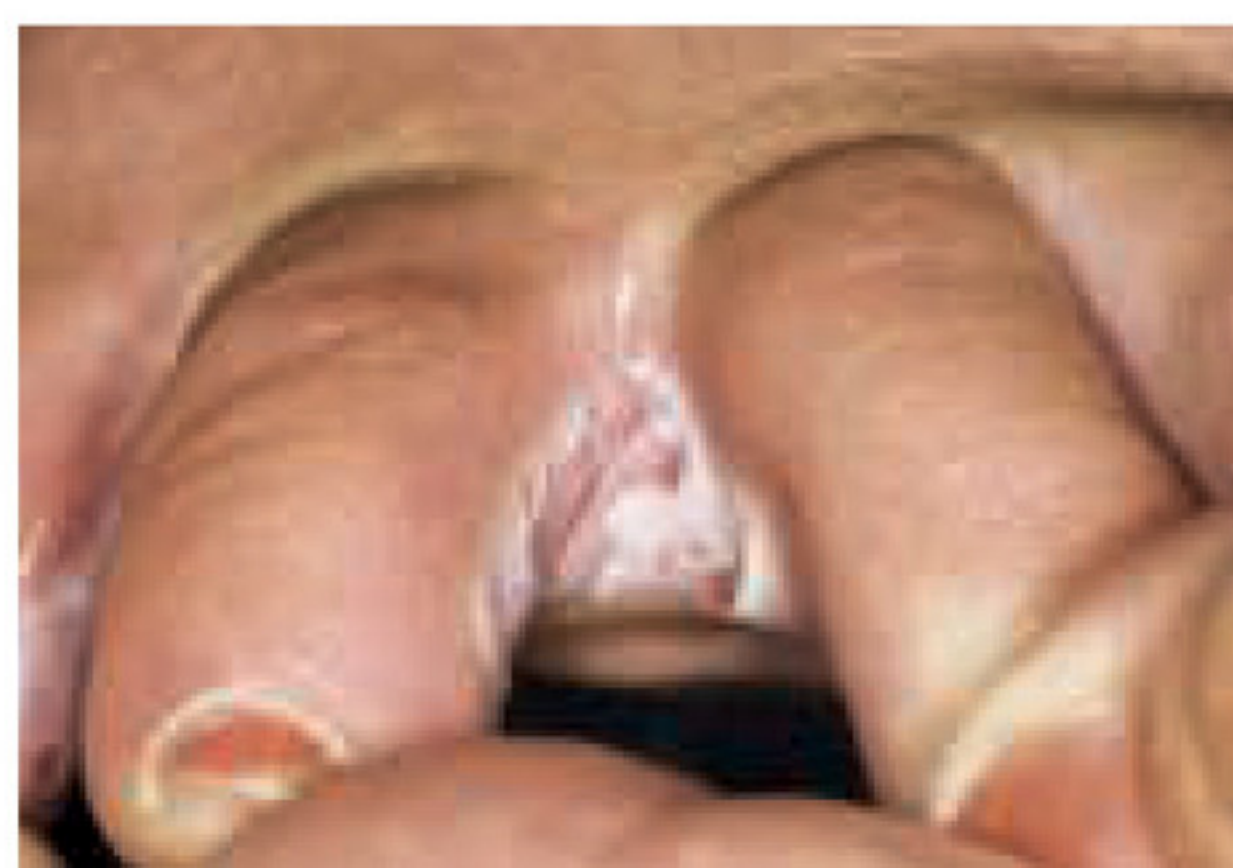


Je kunt ook ziek worden van stoffen die je inademt of inslikt of die via je huid binnendringen. Stoffen of cellen die niet in je lichaam thuishoren, heten **lichaamsvreemd**. Het afweersysteem (of immuunsysteem) beschermt je tegen lichaamsvreemde organismen en lichaamsvreemde stoffen. **Lichaamseigen** stoffen of cellen worden door je lichaam gemaakt of zijn onderdeel van je lichaam. Deze worden normaal gesproken niet door je afweersysteem aangevallen. In afbeelding 3 zijn enkele ziekteverwekkers weergegeven.

▼ **Afb. 3** Ziekteverwekkers.



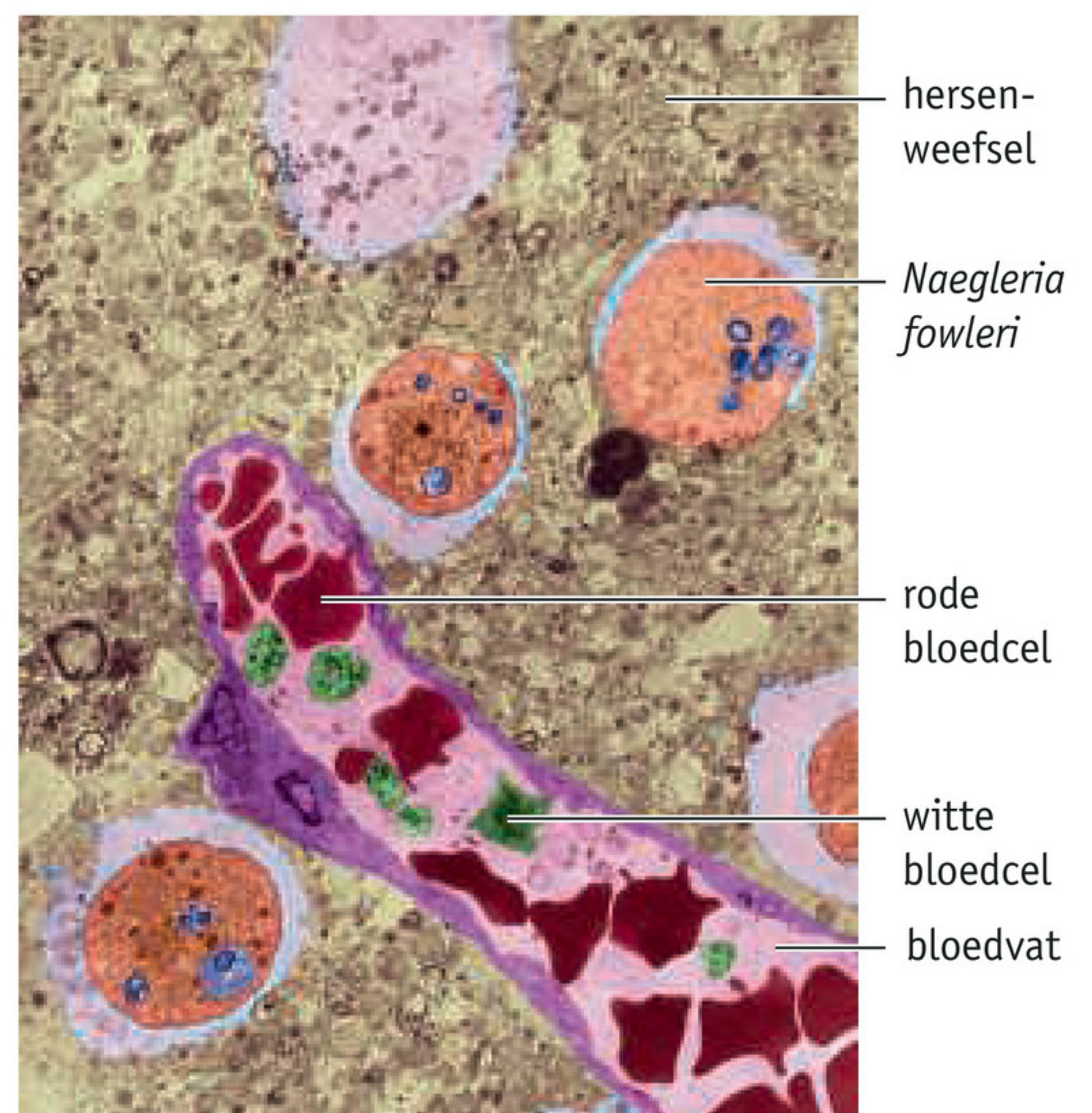
1 Syfilis wordt door een bacterie veroorzaakt.



2 Zwemmerseczeem wordt door een schimmel veroorzaakt.



3 Polio wordt door een virus veroorzaakt.



4 *Naegleria fowleri* is een hersenetende amoëbe. De amoëbe dringt via de neus binnen en klimt via de zenuwcellen naar het brein, waar het de breincellen 'opslurpt' met een zuignapje. Een infectie met *Naegleria fowleri* komt zelden voor.

DE EERSTE VERDEDIGINGSLINIE

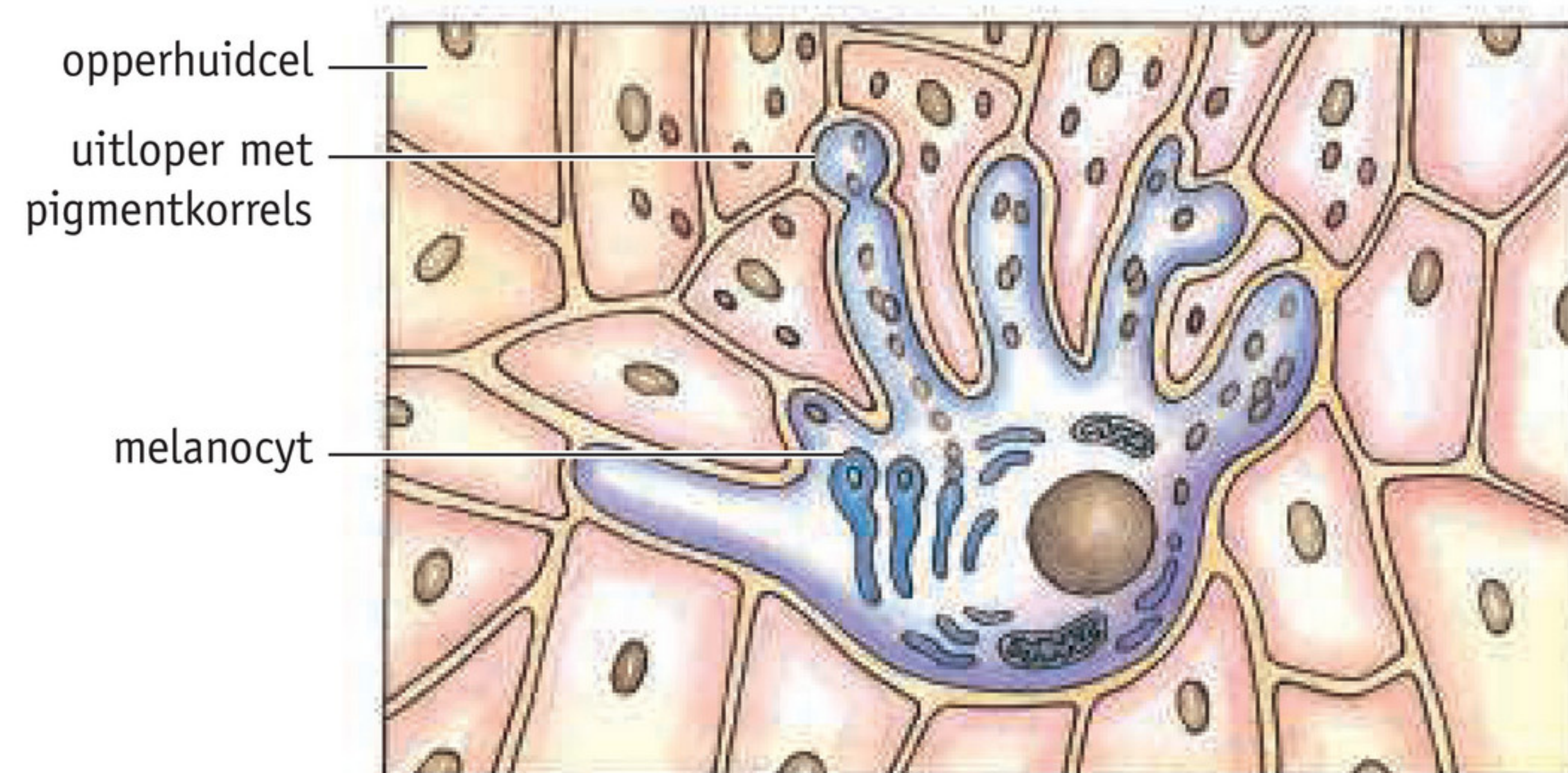
De **huid** en de **slijmvliezen** vormen de eerste verdedigingslinie in de bescherming tegen gevaren van buitenaf. Door de bouw van de huid dringen ziekteverwekkers en schadelijke stoffen moeilijk binnen. Daar waar openingen in de huid zitten, zoals bij de ogen, de neus en de mond, zorgen slijmvliezen ervoor dat ziekteverwekkers moeilijk kunnen binnendringen. Traanvocht en speeksel spoelen indringers weg, terwijl slijm in de neus (snot), de luchtwegen, het verteringsstelsel, het uitscheidingsstelsel en het voortplantingsstelsel ziekteverwekkers opvangt en tegenhoudt. Dit zijn voorbeelden van **mechanische afweer**, omdat het gaat om afweer met behulp van fysieke aanpassingen.

Chemische afweer is het gebruik van stoffen om indringers buiten te houden. Maagsap bijvoorbeeld bevat onder andere zoutzuur (HCl opgelost in water). Door de zeer lage pH (1–2) worden veel ziekteverwekkers in het voedsel gedood. Op de huid zorgen zweet en olie voor een pH van 3–5, waardoor veel schadelijke bacteriën niet op de huid kunnen groeien.

Op de huid en in het darmkanaal bevinden zich ook veel goede bacteriën. Deze helpen het lichaam te beschermen tegen ziekteverwekkers. Waar goede bacteriën leven, is vaak geen plaats voor andere (schadelijke) bacteriën. De bacteriën op de huid en in de darmen horen bij de mechanische afweer.

De huid beschermt het lichaam niet alleen tegen het binnendringen van ziekteverwekkers, maar ook tegen invloeden van buitenaf, zoals beschadiging, waterverlies door verdamping en DNA-beschadiging door ultraviolette straling. In de kiemlaag liggen pigmentvormende cellen: de melanocyten (melanos = zwart). Deze vormen het donkere pigment **melanine**, dat ze via hun uitlopers afgeven aan de nabijgelegen opperhuidcellen (zie afbeelding 4). De vorming van melanine wordt gestimuleerd door blootstelling van de huid aan zonlicht. Melanine beschermt de delende cellen in de kiemlaag tegen de schadelijke invloed van ultraviolette straling in zonlicht.

► **Afb. 4** Een melanocyt in de opperhuid.



opdrachten

- 1
 - a Wat is het verschil tussen mechanische en chemische afweer?
 - b Behoren de inhoud van de baarmoeder en de urineblaas tot het uitwendige of tot het inwendige milieu? Leg je antwoord uit.
 - c Behoren hoesten, niezen en braken tot de mechanische of de chemische afweer? Leg je antwoord uit.

- 2
- In afbeelding 5 is een onderzoek weergegeven.
- a
- Formuleer een onderzoeksvraag die bij dit onderzoek past.
- b
- Formuleer een hypothese die bij dit onderzoek past.
- c
- Leg uit hoe de controlegroep werd behandeld.
- d
- Uit welke huidproducten zullen de bacteriën hun voedsel halen?
- e
- Welke vorm van symbiose bestaat er tussen de mens en de op zijn huid levende bacteriën? Leg je antwoord uit.

▼ Afb. 5

ONDERZOEK		HUIDBACTERIËN BESCHERMEN TEGEN ZIEKTEVERWEKKERS
Inleiding	Op de huid komen veel bacteriën voor die in poriën leven en daar hun voedselbron hebben. Deze huidbacteriën hebben mogelijk een functie bij het verdedigen van de gastheer tegen ziekteverwekkers.	
Onderzoeksvraag		
Hypothese		
Experiment	Menselijke huidbacteriën worden met een wattenstaafje op een groep steriele muizen gestreken en een andere groep steriele muizen wordt gebruikt als controlegroep. Daarna krijgen beide groepen een injectie in de huid met een agressieve vijandelijke, eencellige dierlijke parasiet.	
Resultaat	De muizen met menselijke huidbacteriën krijgen minder vaak en minder ernstige ontstekingen en huidaandoeningen dan de muizen die niet zijn voorzien van menselijke huidbacteriën.	
Conclusie	De hypothese is bevestigd.	

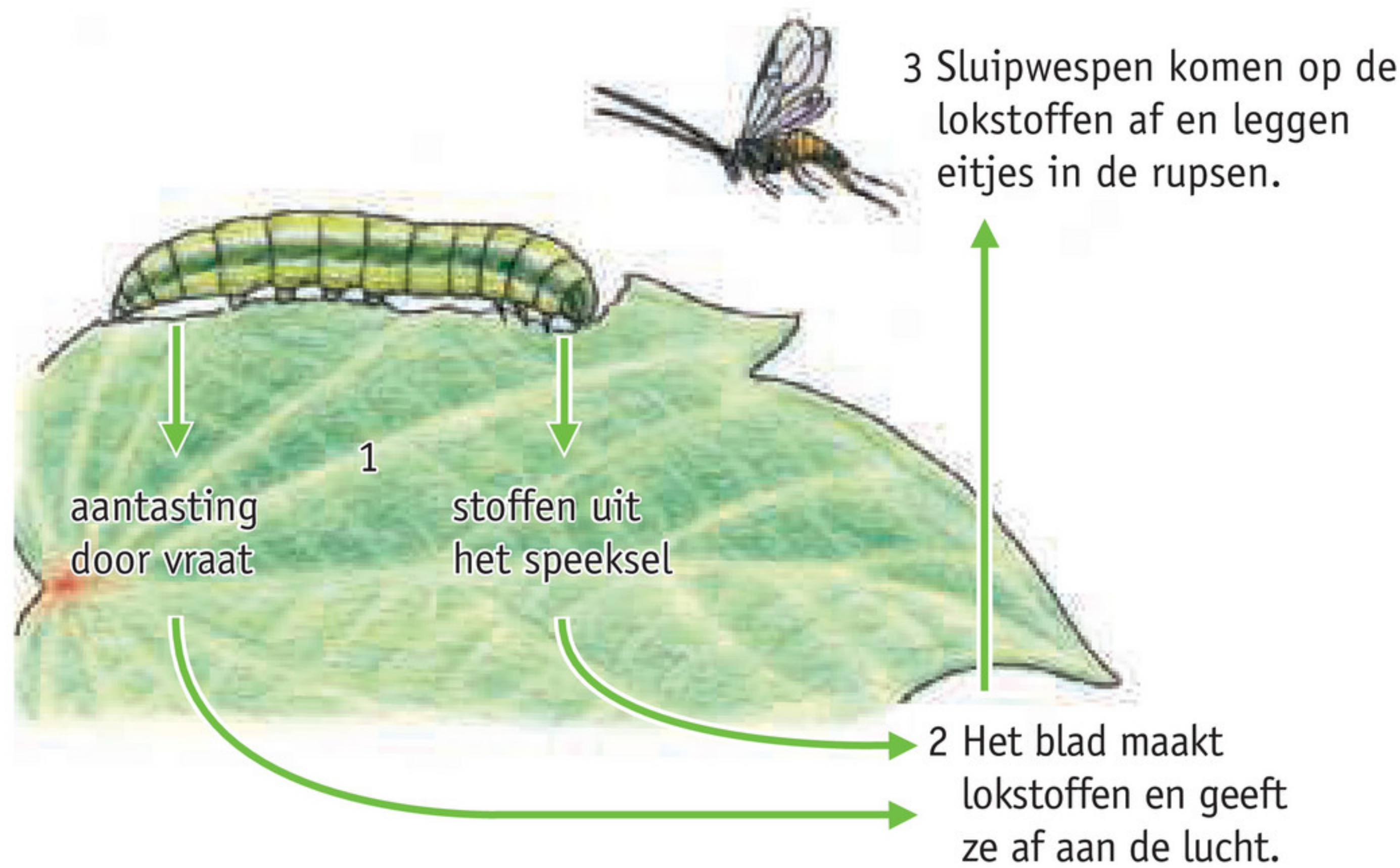
BESCHERMING BIJ PLANTEN

Planten staan aan het begin van de voedselketen en worden dus voortdurend gegeten door dieren. Om zich te beschermen tegen vraat of infecties hebben planten afweermechanismen ontwikkeld. Deze afweermechanismen kun je onderverdelen in drie groepen: mechanische afweer, chemische afweer en indirecte afweer.

Onder mechanische afweer van planten vallen uiterlijke aanpassingen, zoals haren, stekels en doornen om vraat tegen te gaan. Bij chemische afweer maken planten stoffen aan die niet lekker of zelfs dodelijk zijn voor herbivoren. Cafeïne bijvoorbeeld verlamt bepaalde insecten, en nicotine is dodelijk.

Bij **indirecte afweer** maakt een plant een lokstof aan die de natuurlijke vijand van zijn belager aantrekt. Een voorbeeld van zo’n belager is de rups van het koolwitje, met als natuurlijke vijand de sluipwesp. Als reactie op vraat door rupsen maakt de plant een lokstof aan die sluipwespen aantrekt (zie afbeelding 6). De eitjes van de sluipwesp ontwikkelen zich in de rups en eten deze van binnenuit op.

► Afb. 6 Een plant verdedigt zich tegen een rups met behulp van een sluipwesp.



opdracht

- 3
- In afbeelding 7 is een onderzoek weergegeven naar bescherming tegen vraat door haartjes.
- a

Tot welk type afweermechanisme behoren haartjes op peulen van sojaplanten?
- b

Hoe konden harige peultjes in het verleden bij sojaplanten ontstaan?
- c

Stel een hypothese op bij dit onderzoek.
- d

Wat is de conclusie van dit onderzoek?
- e

Hoe zou je dit experiment kunnen verbeteren?
- f

Leg uit dat harige peulen bij sojaplanten een evolutionair voordeel hadden.

▼ Afb. 7

ONDERZOEK		HAARTJES BESCHERMEN TEGEN VRAAT
Inleiding	Planten met haartjes lijken beter te zijn beschermd tegen vraat dan planten zonder haartjes. Om dit te onderzoeken, kweekten onderzoekers in drie verschillende kassen sojaplanten waaraan peulen groeiden met veel, weinig en geen haartjes.	
Onderzoeksvraag	Zijn sojabonen met haartjes beter beschermd tegen vraat door kevers?	
Hypothese		
Experiment	In drie verschillende kassen staan sojaplanten waaraan peulen groeien met respectievelijk veel, weinig en geen haartjes. In elke kas worden kevers losgelaten. Na 24 uur wordt gekeken wat de schade aan de peulen is.	
Resultaat	Peulen met veel haartjes vertonen 10% vraat, peulen met weinig haartjes vertonen 25% vraat en gladde peulen vertonen 40% vraat.	
Conclusie		

CONTEXT

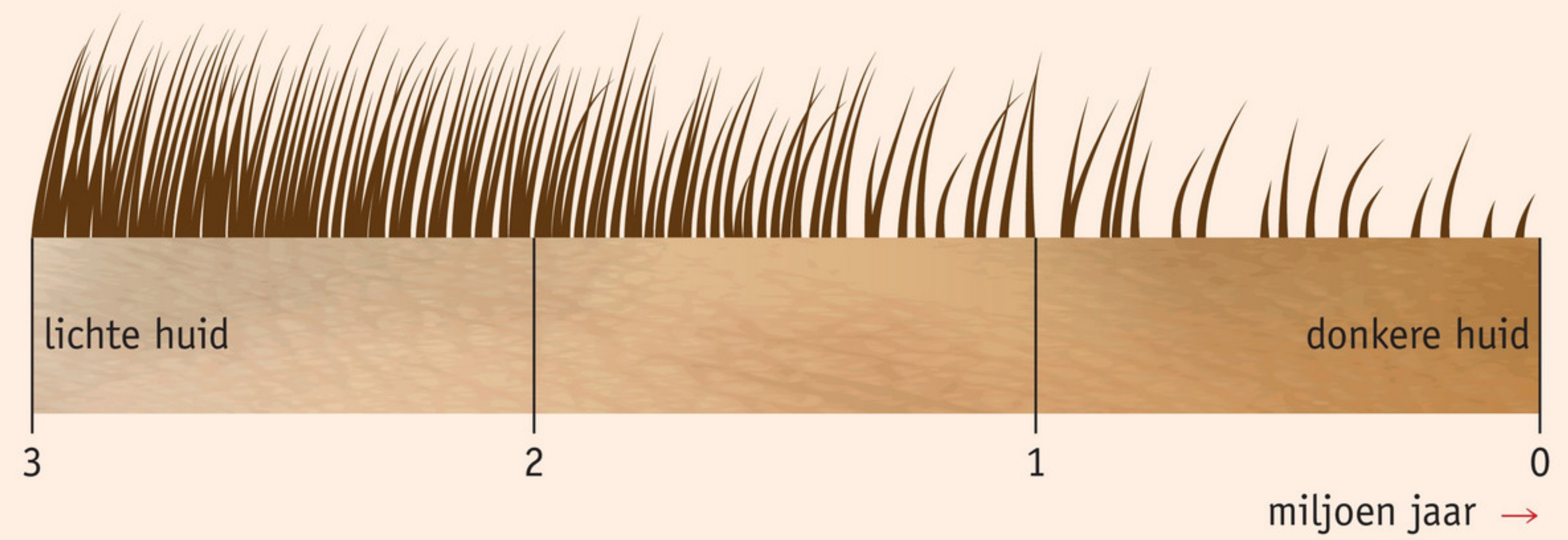
Wetenschap

Huidskleur en vitamine D

Mensapen hebben onder hun harige vacht een lichtgekleurde huid. Tijdens de evolutie is bij de mens een groot deel van de beharing verdwenen. Hierbij veranderde de huidskleur van licht naar donker (zie afbeelding 8). Net als een vacht biedt een donkere huidskleur bescherming tegen uv-straling. Blootstelling aan te veel uv-straling kan leiden tot huidkanker. Uv-straling beschadigt ook foliumzuur (vitamine B11). Foliumzuur vervult een belangrijke rol in de synthese van DNA en in de aminozuurstofwisseling. Vrouwen met een tekort aan foliumzuur hebben een verhoogde kans op het krijgen van kinderen met groeistoornissen en geboortefwijkingen.

Volgens sommige onderzoekers trok zo’n 65 000 jaar geleden een groep mensen vanuit Afrika naar Azië en Europa. Daar zouden ze in een proces dat 10 tot 20 000 jaar heeft geduurd weer een lichtgekleurde huid hebben gekregen. Volgens de onderzoekers had dit te maken met vitamine D. In een lichte huid wordt namelijk veel sneller vitamine D gemaakt dan in een donkere huid. Een tekort aan vitamine D veroorzaakt rachitis (de ‘Engelse ziekte’) die onder andere leidt tot afwijkingen aan het beenderstelsel. Door rachitis kan het bekken vervormen, wat invloed kan hebben op de voortplanting. Vitamine D speelt daarnaast ook een belangrijke rol in het afweersysteem.

- **Afb. 8** Evolutie van de huid tot 65 000 jaar geleden.



opdracht

- 4 Hoe lichter de huid is, hoe groter de kans op het ontstaan van huidkanker.
- a De kans op het krijgen van huidkanker is echter geen verklaring voor de verandering van een lichte naar een donkere huid. Leg dit uit.
 - b Leg uit dat in Afrika bij de afwezigheid van beharing een donkere huid een evolutionair voordeel heeft boven een lichte huid.
 - c Leg uit hoe een donkere huidskleur zich kon verspreiden over Afrika.
 - d Leg uit hoe zich volgens de onderzoekers de lichte huid op het noordelijk halfrond kon verspreiden.

Leerdoelen

- Je kunt de vormen van aangeboren afweer beschrijven.
- Je kunt de vormen van verworven afweer beschrijven.

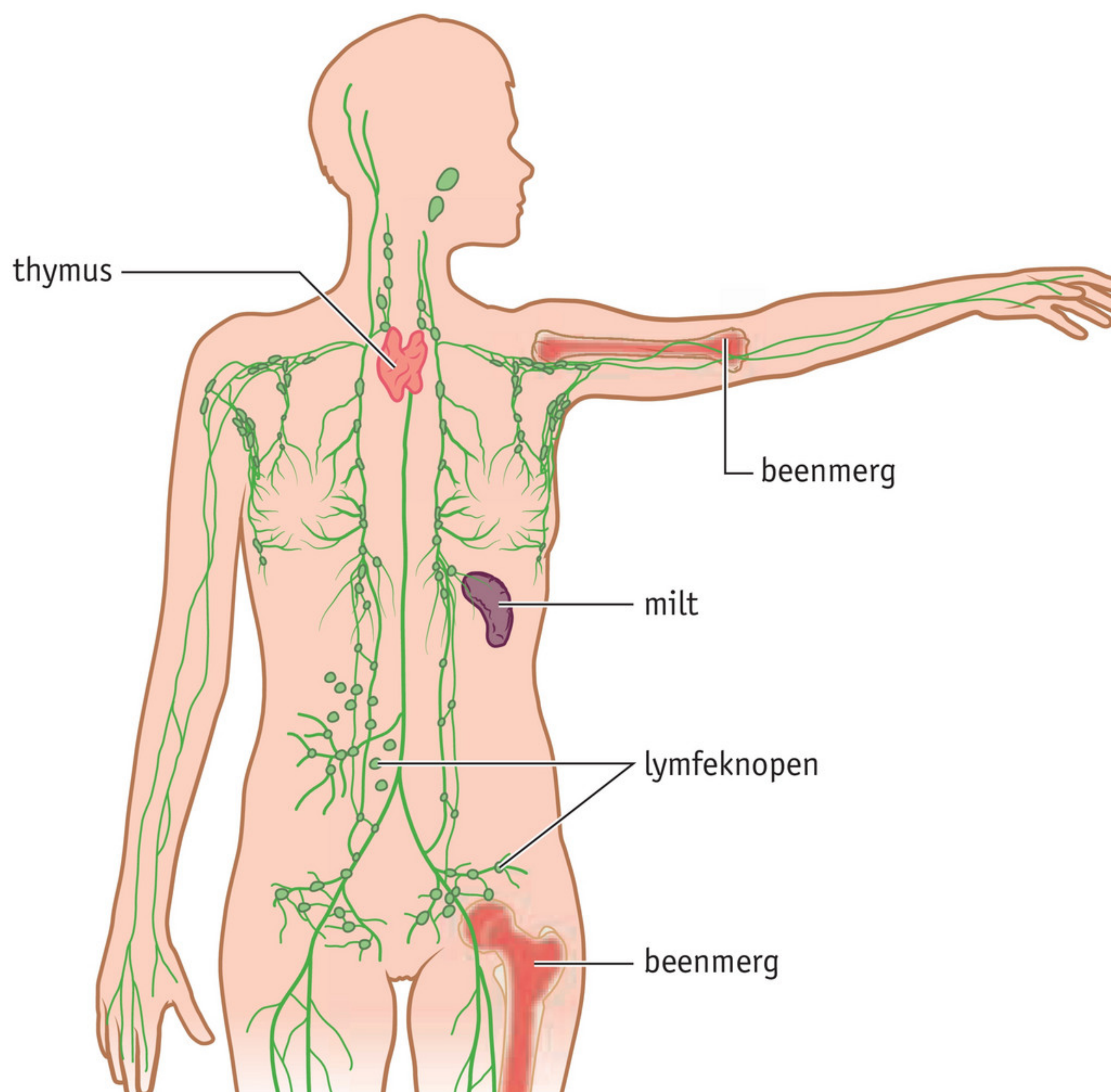
2 Afweer

In je darmen leven meer dan drie keer zoveel bacteriën als het aantal lichaamscellen dat je hebt. De grens tussen het inwendige en het uitwendige milieu is hier slechts één cellaag dik. Jouw afweersysteem strijdt hier continu tegen ziekteverwekkers, maar laat de lichaamsvreemde stoffen uit je voeding met rust.

HET AFWEERSYSTEEM

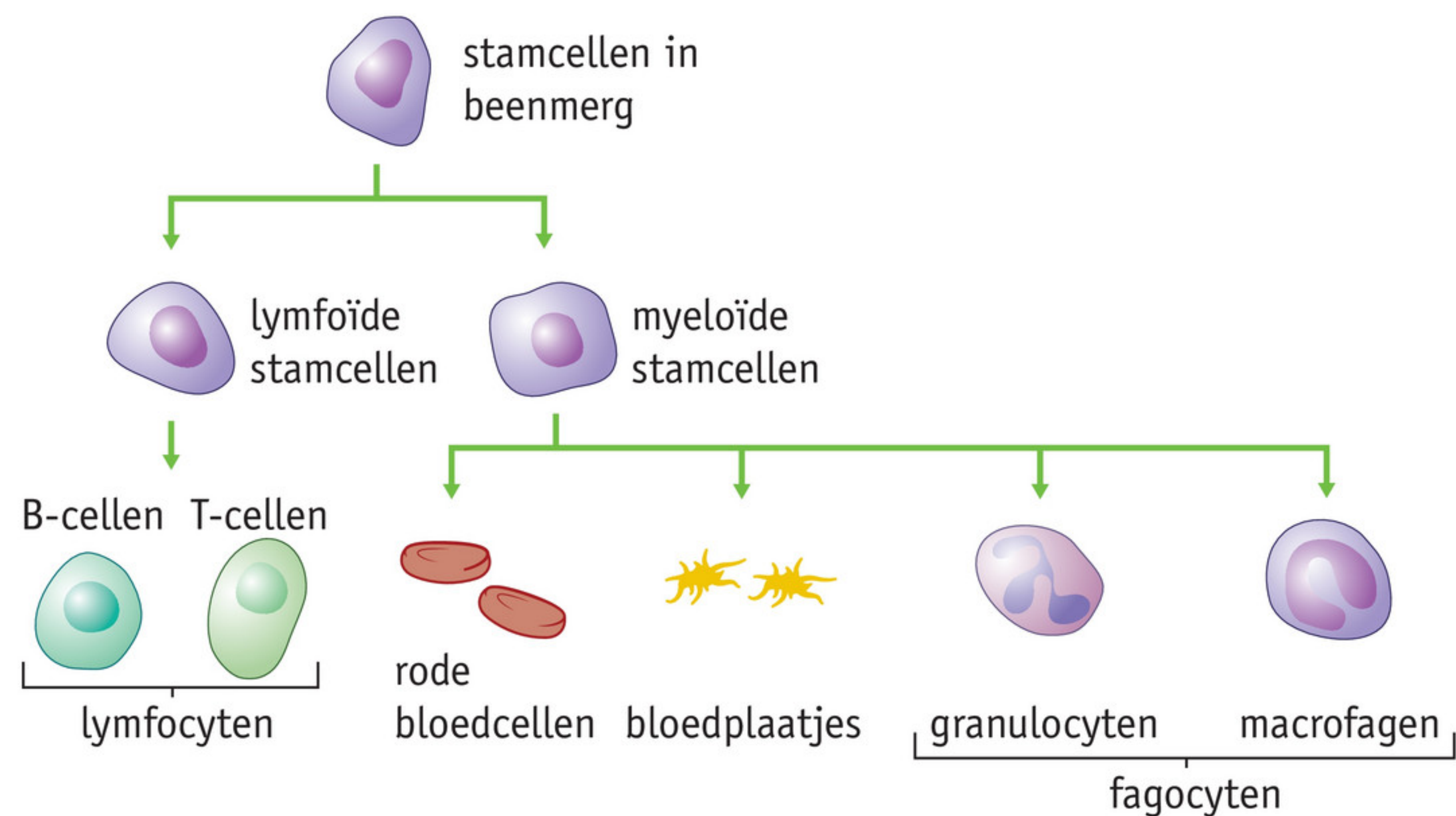
Wanneer ziekteverwekkers of schadelijke stoffen binnendringen in het interne milieu, wordt het afweersysteem geactiveerd. Binnen het afweersysteem worden twee typen onderscheiden: aangeboren afweer en verworven afweer. De aangeboren afweer werd vroeger de aspecifieke afweer genoemd, de verworven afweer stond bekend als de specifieke afweer. De **aangeboren afweer** is gericht tegen vele verschillende typen ziekteverwekkers, komt voor bij alle dieren en planten en dient als een snelle eerste afweer tegen infectie. De aangeboren afweer is daarnaast de basis voor de verworven afweer. De **verworven afweer** is het deel van je afweersysteem dat je gedurende je leven ontwikkelt. Deze afweer is gericht tegen één type ziekteverwekker en komt alleen bij gewervelde dieren voor. Belangrijke organen van het afweersysteem zijn het beenmerg, de thymus, de milt en de lymfeknopen (zie afbeelding 9). Dit worden de lymfoïde organen genoemd.

► **Afb. 9** De ligging van enkele belangrijke organen van het afweersysteem.



In het **rode beenmerg** ontstaan verschillende typen witte bloedcellen: **fagocyten** en **lymfocyten** (zie afbeelding 10). Na hun ontstaan komen deze witte bloedcellen in het bloed terecht, waar ze lichaamsvreemde virussen en bacteriën bestrijden. De fagocyten maken onderdeel uit van de aangeboren afweer, de lymfocyten horen bij de verworven afweer. Na hun ontstaan ontwikkelen sommige lymfocyten zich verder in de thymus, een klier boven in de borstholte. De milt en de lymfeknopen hebben een functie bij de opslag en het transport van witte bloedcellen.

- **Afb. 10** Het ontstaan van witte bloedcellen (schematisch).

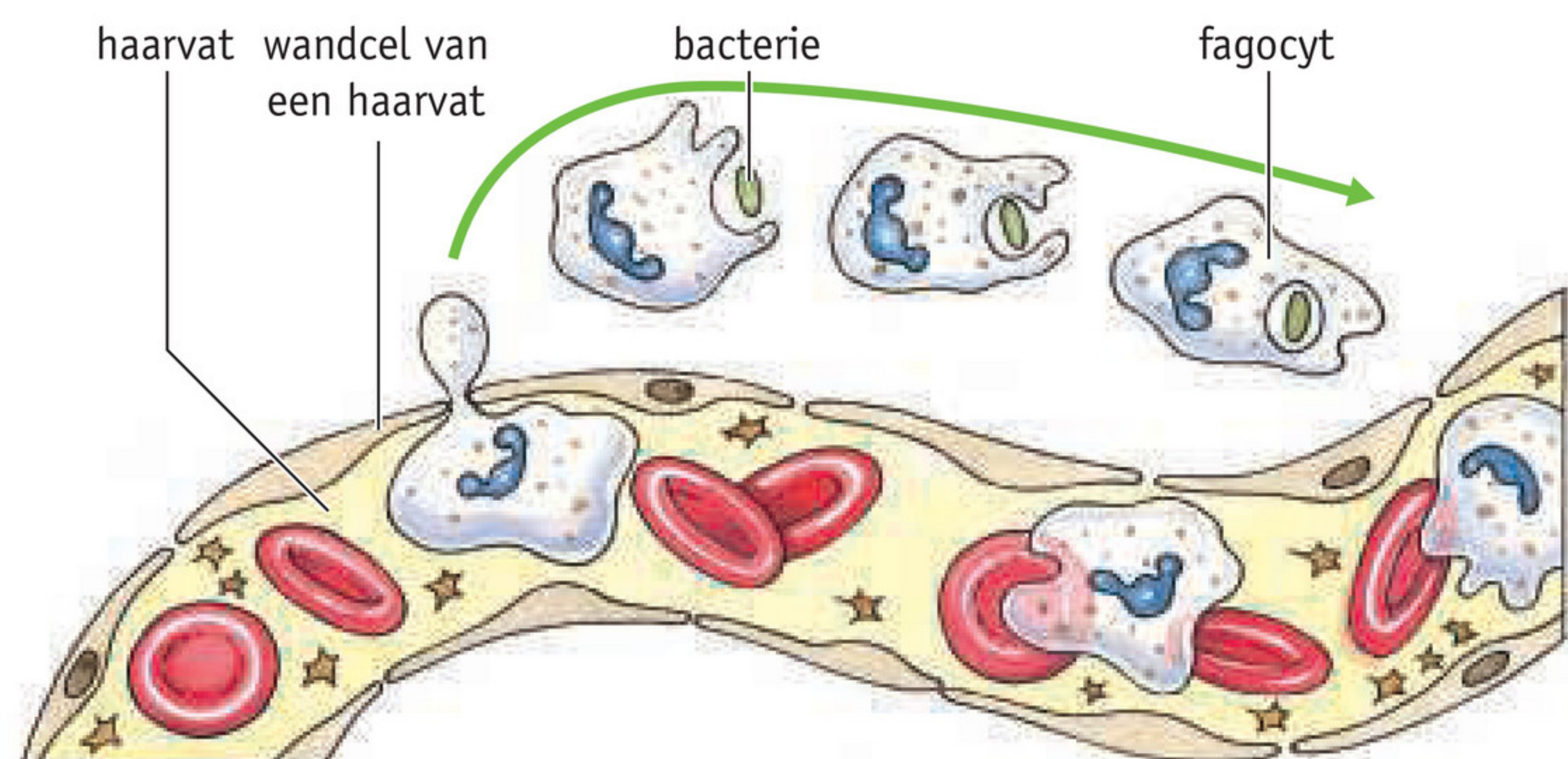


AANGEBOREN AFWEER

Als een ziekteverwekker het lichaam van een mens is binnengedrongen, wordt hij vrijwel direct aangevallen door witte bloedcellen, vooral macrofagen.

Macrofagen (letterlijk: grote eter, veelvraat) zijn fagocyten die zich door het hele lichaam verplaatsen (zie afbeelding 11). Ze reageren snel op binnendringende ziekteverwekkers en maken deze binnen enkele minuten na binnenkomst onschadelijk door ze in zich op te nemen (fagocyteren). Macrofagen maken geen onderscheid tussen verschillende ziekteverwekkers, maar ruimen als een grote stofzuiger snel alle binnendringers op.

- **Afb. 11** Fagocyt die een bacterie opneemt.



Macrofagen kunnen koorts veroorzaken. In reactie op een ziekteverwekker scheiden ze een stof af die de normwaarde voor de lichaamstemperatuur verhoogt. Als de normwaarde van 37 °C hoger wordt, gaat het lichaam rillen om warmte op te wekken. Ook gaat het lichaam warmteverlies tegen door de bloedvaten in de huid te vernauwen. Je ziet daardoor bleekjes. Door de hoge lichaamstemperatuur bij koorts worden de afweerreacties in het lichaam versneld.

De afweer van het lichaam tegen bacteriën kan tijdelijk worden versterkt door het gebruik van antibiotica. Een **antibioticum** is een medicijn dat bacteriële infecties bestrijdt. Antibiotica werken dus niet tegen infecties door virussen. Er zijn verschillende typen antibiotica, waarvan penicilline het bekendst is. Een belangrijk nadeel van antibiotica is dat bacteriën er ongevoelig voor kunnen worden. Hoe vaker je antibiotica gebruikt, hoe groter de kans dat bacteriën ongevoelig worden. Artsen zijn daarom terughoudend met het voorschrijven van antibiotica.

opdrachten

- 5 a In het slijmvliesweefsel van de luchtwegen komen relatief veel macrofagen voor. Leg uit dat dit functioneel is.
- b Soms weet een griepvirus toch via de luchtwegen binnen te dringen. Iemand heeft op die manier een griepvirus opgelopen en voelt zich rillerig. Leg uit waardoor het rillerige gevoel wordt veroorzaakt.
- c Leg uit dat bij griep geen antibiotica worden voorgeschreven, maar dat patiënten vooral door bedrust moeten genezen.
- d Leg uit waardoor koorts ervoor zorgt dat de afweerreacties in het lichaam versnellen.

- 6 Elk jaar sterven in Nederland minstens tachtig mensen aan een voedselvergiftiging. Bij een voedselvergiftiging maakt een giftige stof in het eten je ziek. Zo'n giftige stof wordt geproduceerd door bacteriën of schimmels. Een voedselinfectie wordt veroorzaakt door eten met een ziekmakende hoeveelheid bacteriën, parasieten of virussen erin. Bij een voedselinfectie komt de bacterie of het virus in de darm terecht. Dit prikkelt de darmwand of tast deze aan. Enkele uren tot twee dagen na besmetting ontstaan heftige buikkrampen en diarree. Soms gaat dit samen met overgeven. Naar: www.voedingscentrum.nl.

- a Leg uit dat bij voedselvergiftiging geen antibioticum kan worden gebruikt en bij sommige voedselinfecties wel.
- b Wat is de reden dat het lichaam op een voedselvergiftiging of voedselinfectie reageert met diarree?

- 7 Gedurende een aantal dagen worden in een voedingsvloeistof bacteriën gekweekt. Het aantal bacteriën in de voedingsvloeistof wordt geteld. Het verloop van dit aantal is in afbeelding 12.1 weergegeven door lijn 1. Lijn 2 geeft het verloop aan als op tijdstip t een bacteriedodend antibioticum aan de vloeistof wordt toegevoegd.
- a Er zijn ook antibiotica die bacteriën niet doden, maar die de deling van de bacteriën remmen. Welke lijn (3, 4 of 5) van afbeelding 12.2 geeft het verloop aan van het aantal levende bacteriën wanneer op tijdstip t een antibioticum wordt toegediend dat de deling van de bacteriën volledig stillegt? Leg je antwoord uit.
- b Sanne heeft blaasontsteking en gaat daarvoor naar de huisarts. Deze schrijft een antibioticumkuur voor, maar met een te lage dosering. Leg uit dat dit tot resistentie kan leiden.

VERWORVEN AFWEER

Macrofagen reageren snel op binnendringende ziekteverwekkers, maar doordat bacteriën en virussen zich enorm snel kunnen vermeerderen, zijn er vaak niet voldoende macrofagen om de ziekteverwekkers te bestrijden. Daarvoor hebben ze hulp nodig van het tweede afweersysteem: de verworven of adaptieve afweer.

Bij de verworven afweer zijn de lymfocyten betrokken. Lymfocyten herkennen indringers aan antigenen. Een **antigeen** is een molecuul dat het afweersysteem kan activeren. Antigenen zijn grote moleculen, vaak eiwitten, die zich op celmembranen bevinden.

Het herkennen van lichaamsvreemde antigenen gebeurt door **receptoreiwitten** op celmembranen van lymfocyten. Deze receptoreiwitten zijn specifiek: elk type receptoreiwit kan slechts één type antigeen binden (sleutel-slotprincipe). Elke

▼ **Afb. 12** Aantal levende bacteriën in de tijd.

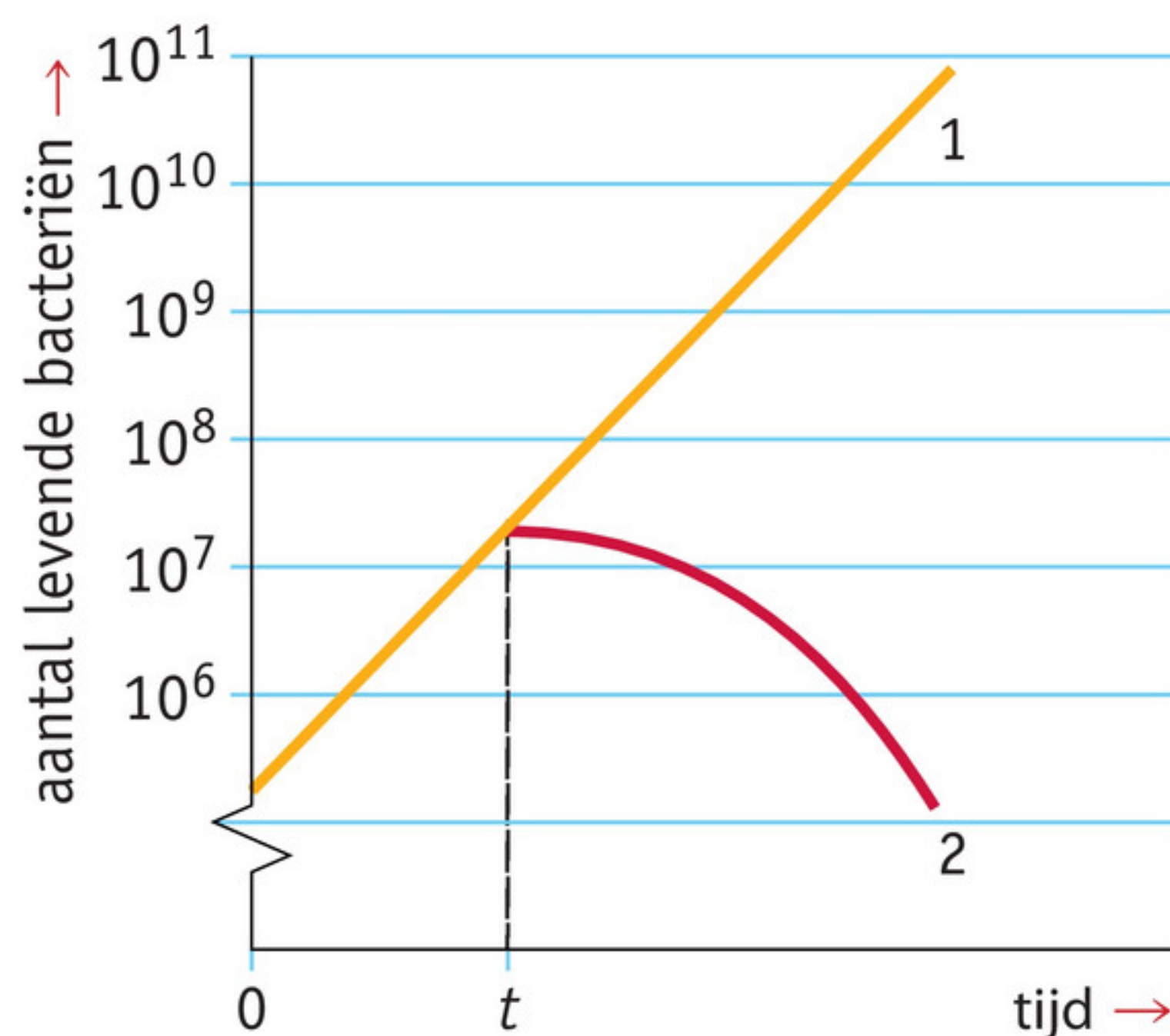


diagram 1

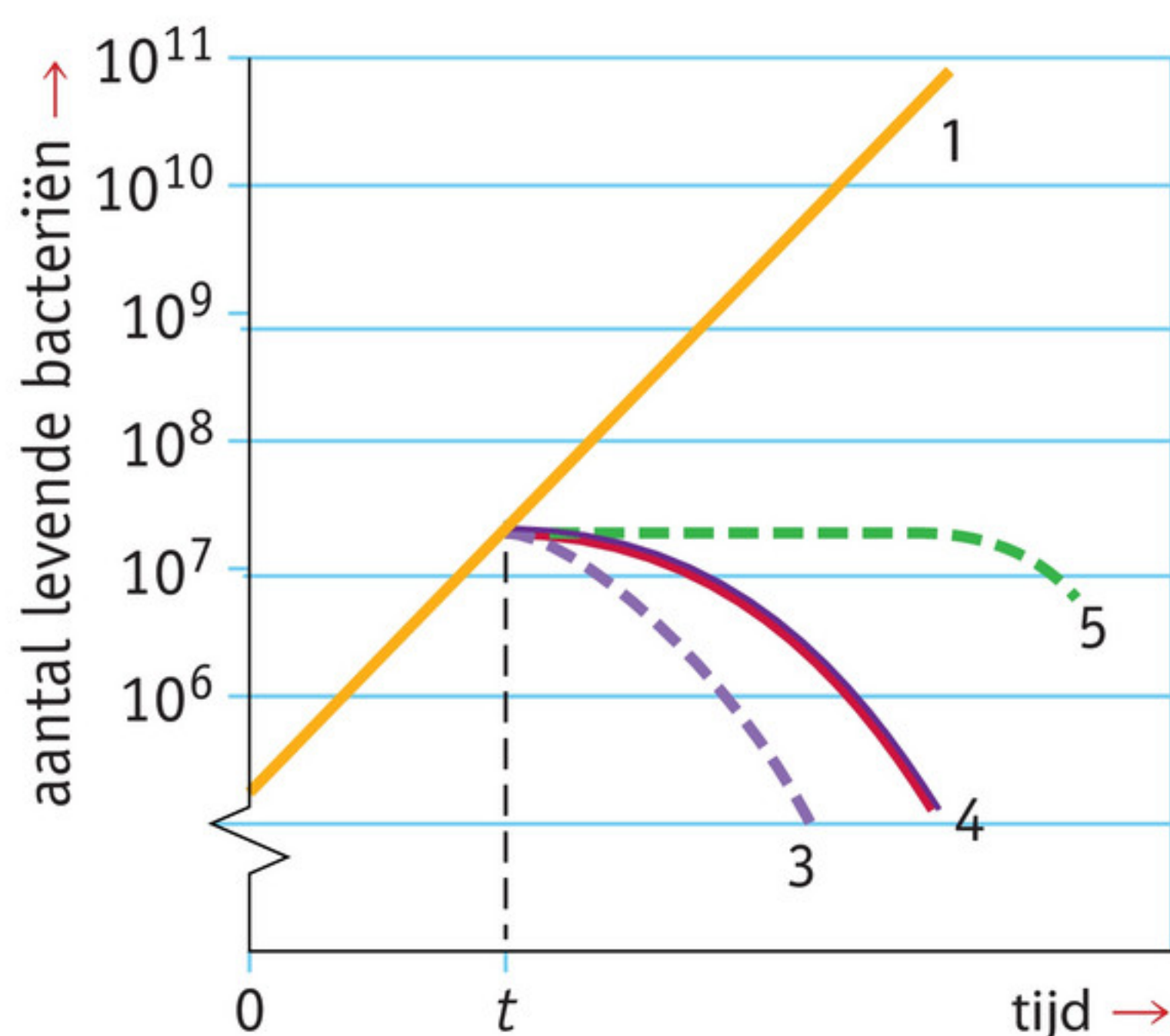


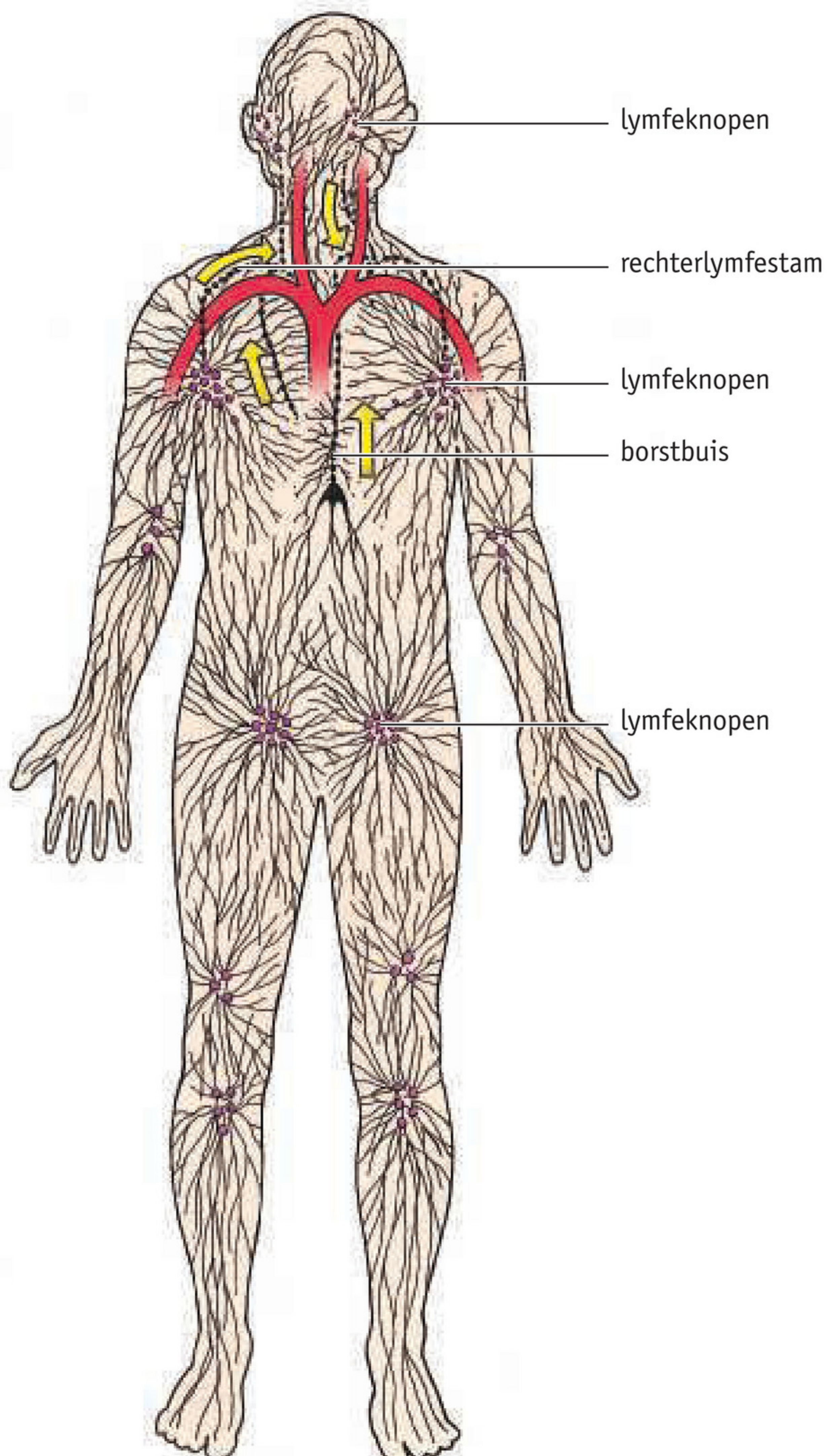
diagram 2

lymfocyt heeft slechts één type receptoreiwit, maar van dit ene receptoreiwit komen er wel honderdduizend voor op het celmembraan van de lymfocyt. Om al die verschillende antigenen van ziekteverwekkers die het lichaam mogelijk binnendringen, te kunnen binden, maakt het lichaam miljoenen verschillende lymfocyten met elk hun eigen type receptor.

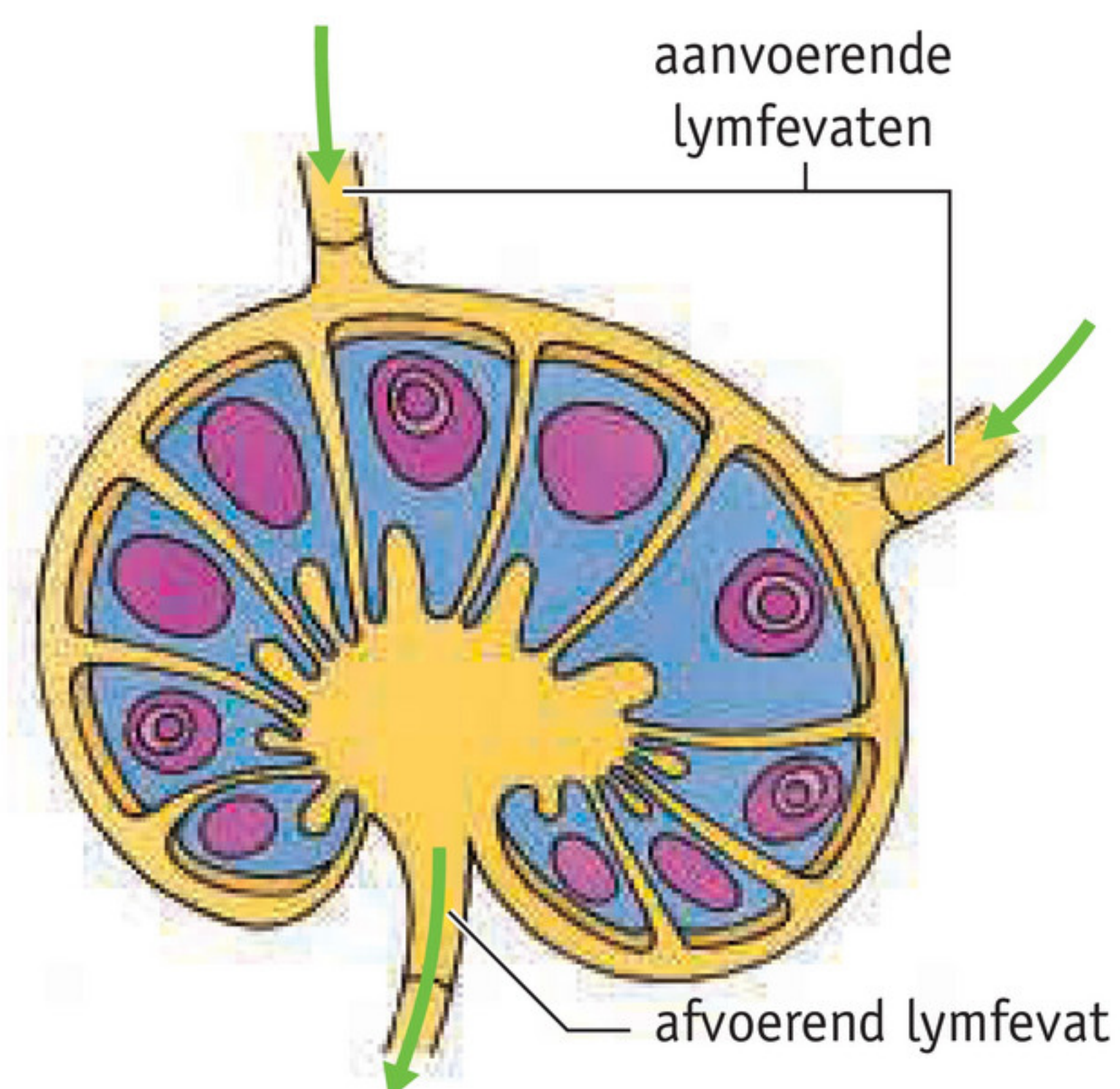
Lymfocyten ontstaan uit stamcellen in het rode beenmerg (zie afbeelding 10). Sommige lymfocyten verplaatsen zich van het beenmerg naar de thymus om zich daar verder te ontwikkelen. Deze worden **T-lymfocyten** of **T-cellen** genoemd. Andere lymfocyten blijven achter in het beenmerg om te rijpen. Deze worden **B-lymfocyten** of **B-cellen** genoemd.

Na de vorming verspreiden T- en B-lymfocyten zich over het lichaam. Een groot deel van de T- en B-lymfocyten komt terecht in de lymfeknopen en de milt via het lymfevatensysteem (zie afbeelding 13). In afbeelding 14 is een lymfeknoop schematisch getekend.

▼ **Afb. 13** Het lymfevatensysteem van de mens (schematisch).



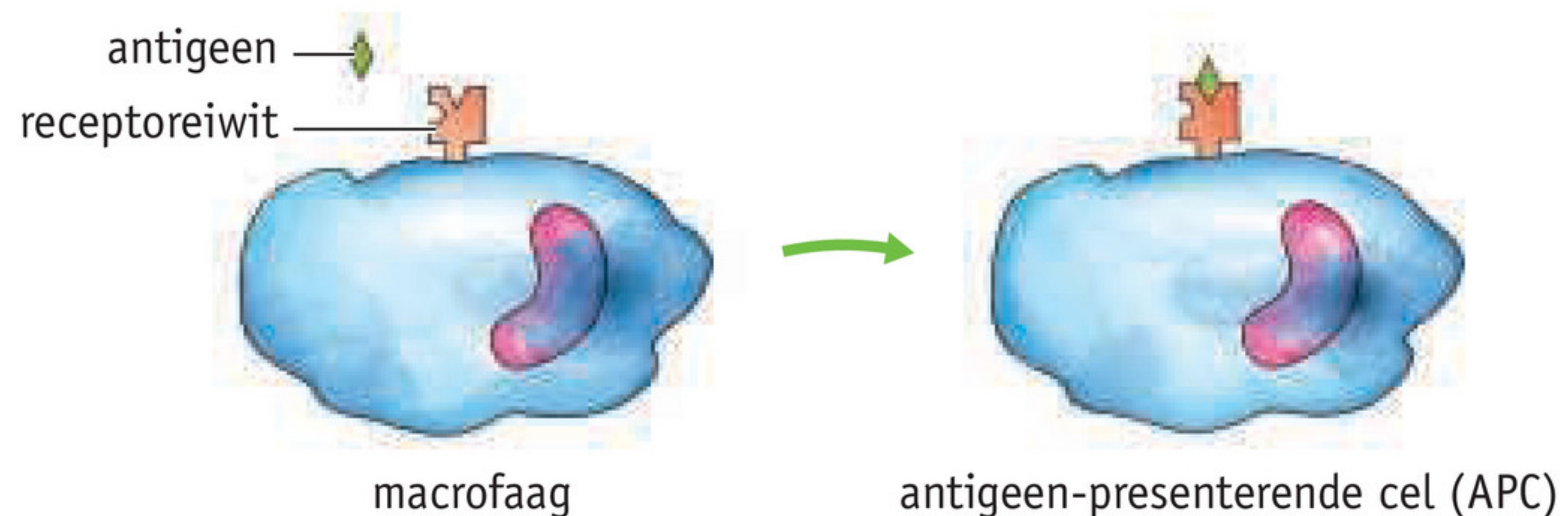
▼ **Afb. 14** Lymfeknoop (doorsnede, schematisch).



ACTIVATIE VAN LYMFOCYTEN

Nadat een macrofaag een ziekteverwekker heeft gefagocyteerd, wordt het antigeen van de ziekteverwekker aan de buitenkant van de cel geplaatst en verandert de macrofaag in een **antigeen-presenterende cel (APC)**, zie afbeelding 15 en 16). Ook andere witte bloedcellen dan macrofagen kunnen zich ontwikkelen tot antigeen-presenterende cellen. Op het moment dat de macrofaag of andere witte bloedcel verandert in een APC, wordt hij onderdeel van de verworven afweer.

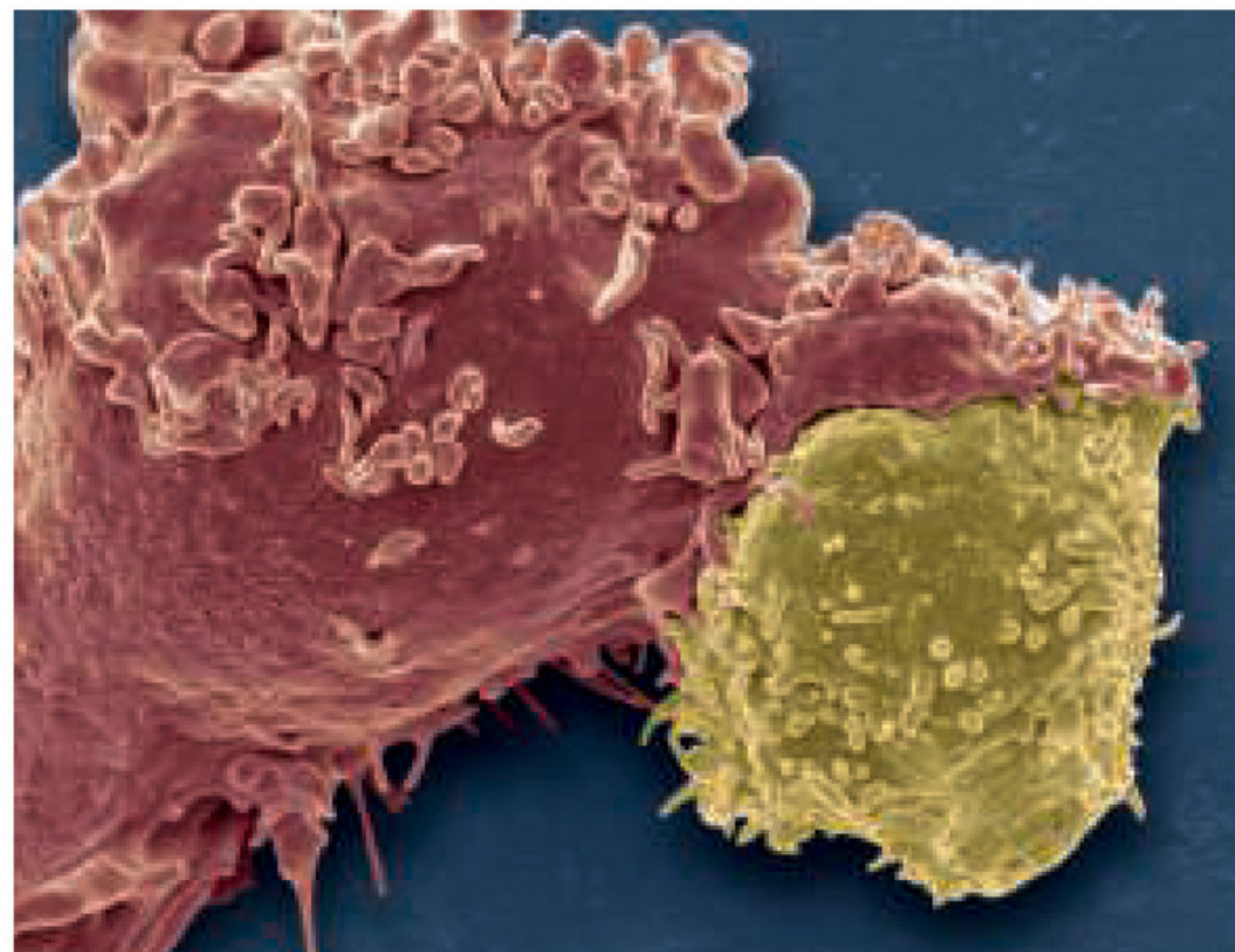
- **Afb. 15** Een macrofaag wordt een antigeen-presenterende cel (schematisch).



Via de lymfe komen APC's in de lymfoïde organen terecht. Hier worden de antigenen van de APC's aangeboden aan T- en B-lymfocyten. Het kost APC's tijd om tussen de miljoenen verschillende T- en B-lymfocyten de cel met de juiste receptor te vinden die specifiek past op het antigeen van de ziekteverwekker. Tijdens deze zoektocht van de APC blijf je ziek.

Op het moment dat de APC de juiste T- of B-lymfocyt heeft gevonden, wordt deze lymfocyt geactiveerd (zie afbeelding 16). Bij een T-lymfocyt leidt die activatie tot een groot aantal identieke celdelingen. Daardoor wordt er een leger van miljoenen gespecialiseerde T-cellen gevormd die geïnfecteerde cellen opruimen.

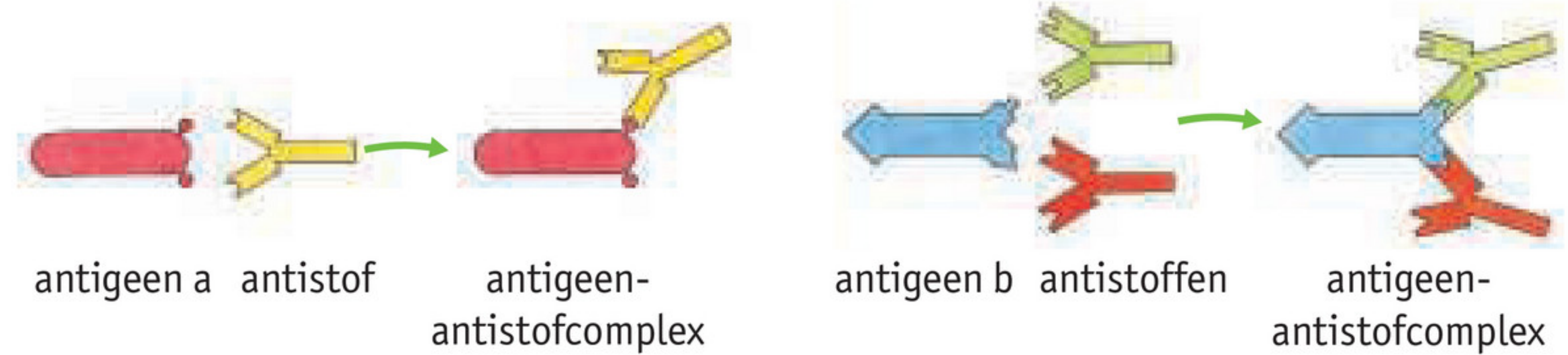
- **Afb. 16** Antigeen-presenterende cel (roze) activeert een T-cel (geelgroen).



VORMING VAN ANTISTOFFEN

Ook een B-cel gaat zich vermenigvuldigen als hij wordt geactiveerd. Geactiveerde B-cellen maken antistoffen tegen de ziekteverwekker. **Antistoffen** zijn eiwitten die zich binden aan de antigenen van de ziekteverwekker, die daardoor onschadelijk wordt gemaakt. Een antigeenmolecuul en een antistofmolecuul passen op elkaar als een sleutel op een slot (zie afbeelding 17). Hierdoor kunnen ze een **antigeen-antistofcomplex** vormen. Op sommige antigenen past één antistof, bij andere antigenen zijn twee antistoffen nodig om de ziekteverwekker onschadelijk te maken. Een B-cel kan maar één type antistof vormen. Voor de bestrijding van sommige ziekteverwekkers zijn dus verschillende B-cellen nodig.

► **Afb. 17** Vorming van een antigeen-antistofcomplex (schematisch).

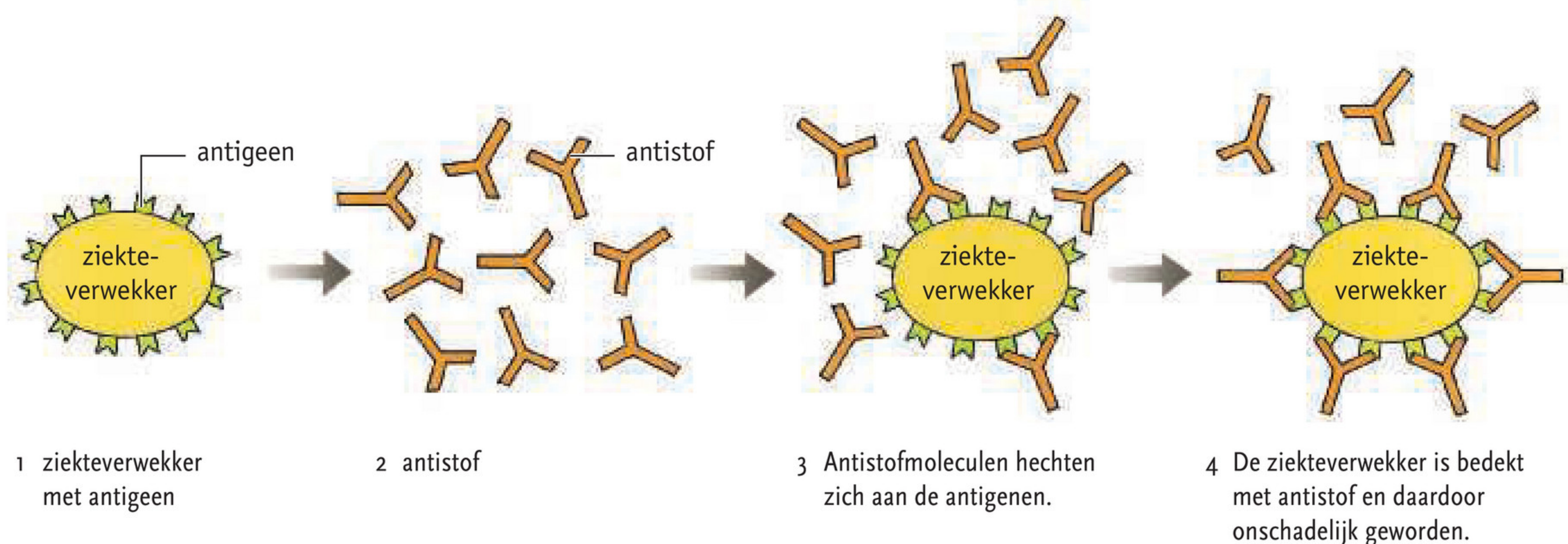


1 Tegen antigeen a wordt één type antistof gevormd.

2 Tegen antigeen b worden twee verschillende antistoffen gevormd.

Door de complexvorming wordt het antigeen of de ziekteverwekker waarop het antigeen zich bevindt, onschadelijk gemaakt. Dit kan op verschillende manieren. Door de complexvorming kan een antigeen als het ware worden afgedekt, waardoor de ziekteverwekker geen cel meer kan infecteren (zie afbeelding 18). Ook kan door de complexvorming het celmembraan van een lichaamsvreemde cel worden aangetast, waardoor de cel uiteenvalt. Vaak bevordert complexvorming de fagocytose van een ziekteverwekker (of de restanten ervan) door macrofagen.

▼ **Afb. 18** Werking van een antistof.

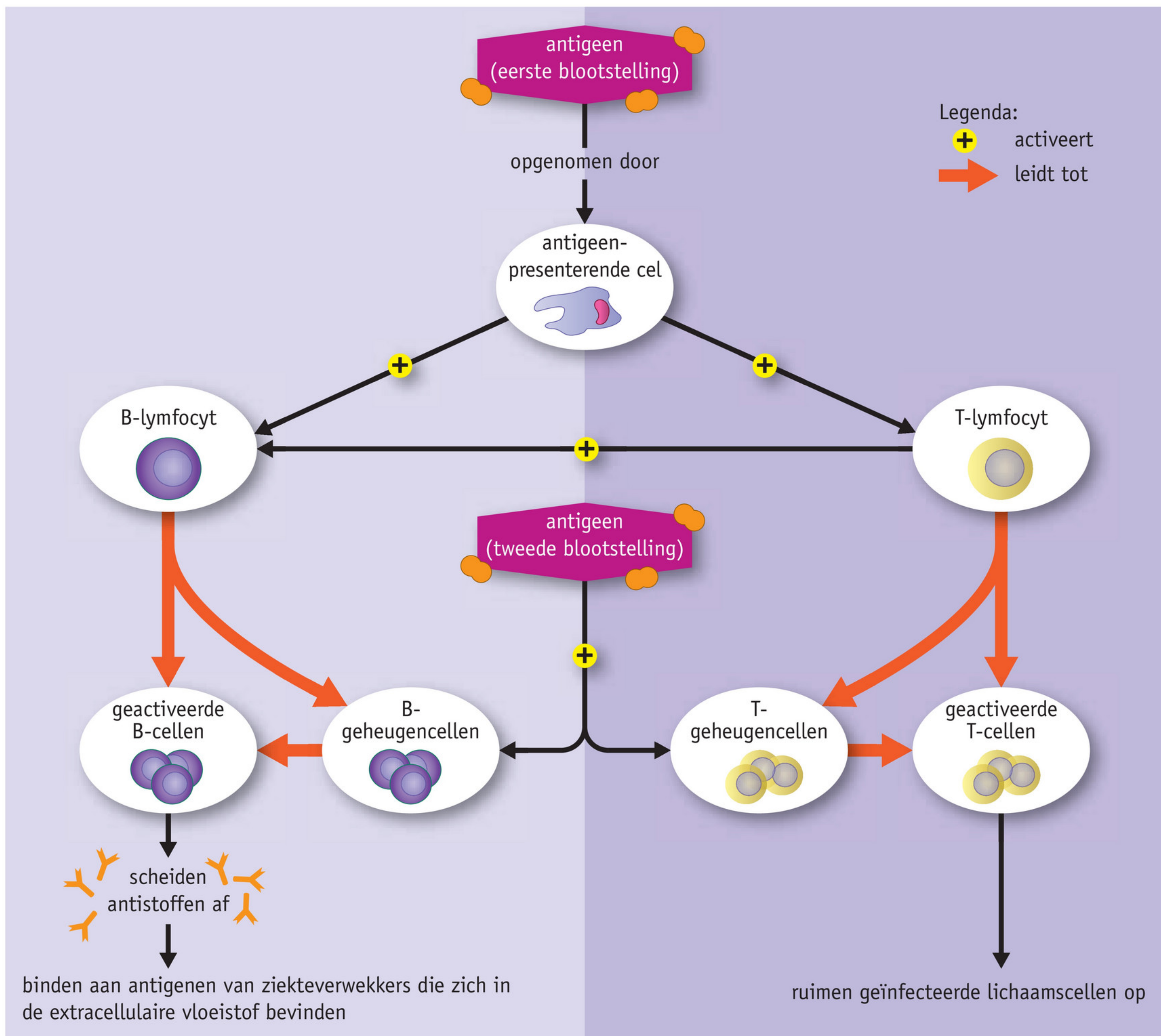


Geactiveerde B-cellen kunnen heel snel grote hoeveelheden antistoffen produceren. De antistoffen komen in alle lichaamsvloeistoffen terecht (bloed, lymfe, weefselvloeistof, traanvocht, speeksel, vaginaal vocht, moedermelk, enzovoort). Nadat fagocyten de eerste grove stofzuigklus hebben uitgevoerd, pakken T- en B-cellen de resterende ziekteverwekkers gericht aan in alle hoekjes en gaatjes van het lichaam. T- en B-lymfocyten zorgen ervoor dat ziekteverwekkers zich nergens meer kunnen verstoppen. Niet in lichaamscellen, maar ook niet in lichaamsvocht.

GEHEUGENCELLEN

Niet alle geactiveerde T- en B-cellen gaan de ziekteverwekker direct bestrijden. Sommige geactiveerde lymfocyten worden geheugencellen. **T-geheugencellen** zijn langlevende cellen die bij een volgende infectie het antigeen direct herkennen, waardoor ze zich snel kunnen ontwikkelen tot geactiveerde T-cellen en er een snellere afweerreactie volgt. Ook **B-geheugencellen** herkennen bij een nieuwe infectie een antigeen direct, waardoor ze zich snel kunnen ontwikkelen tot geactiveerde B-cellen. Daardoor zorgen geheugencellen voor een snellere reactie, zodat je bij een nieuwe infectie meestal niet meer ziek wordt. In afbeelding 19 is de werking van het afweersysteem samengevat.

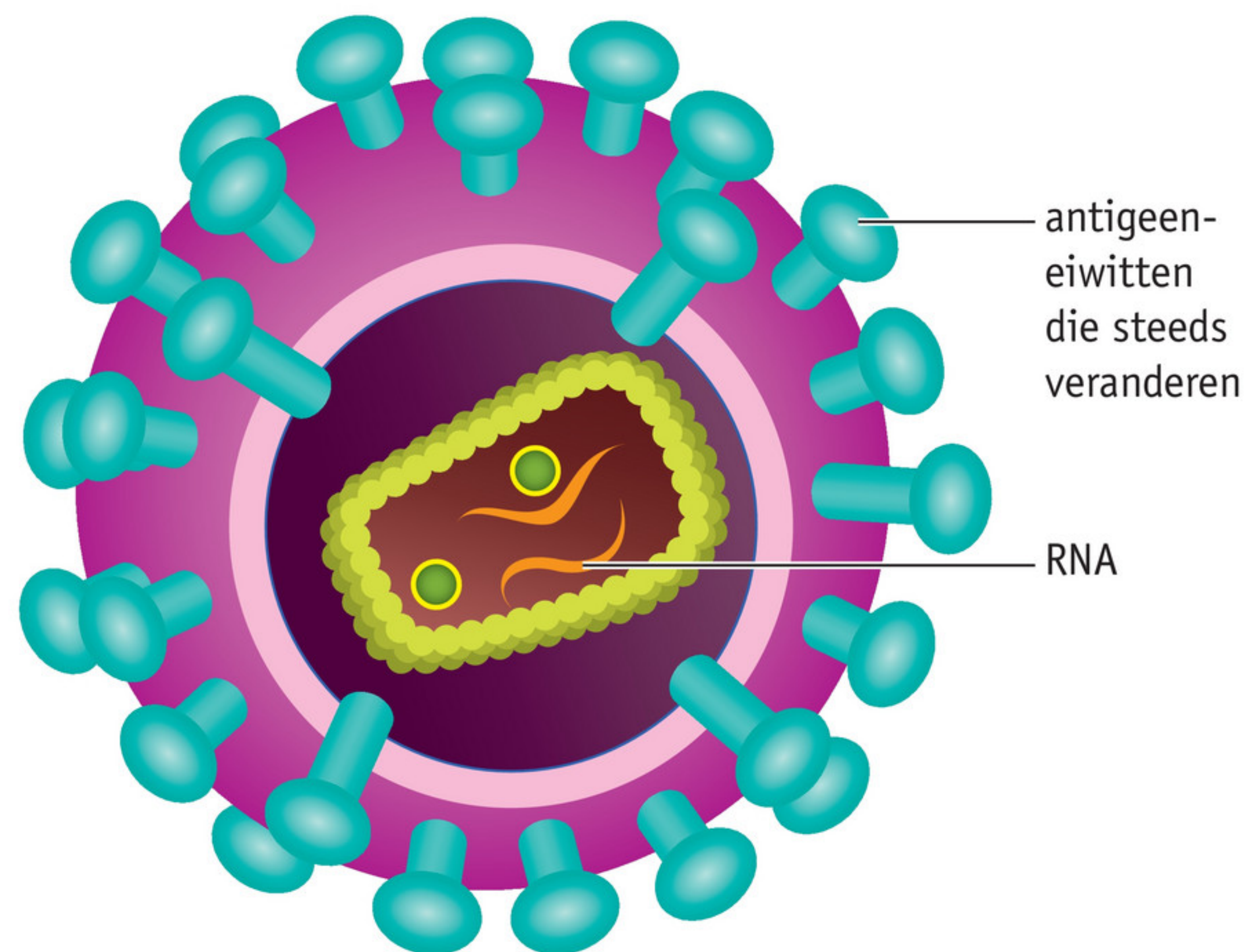
▼ **Afb. 19** De werking van het afweersysteem.



opdrachten

- 8 Lymfocyten herkennen ziekteverwekkers aan antigenen.
- Waar zijn antigenen voornamelijk uit opgebouwd?
 - Op welke manier zijn lymfocyten in staat lichaamsvreemde antigenen te herkennen?
 - Een groot deel van de miljoenen verschillende lymfocyten wordt niet gebruikt.
Waarvoor maakt het lichaam toch zo'n groot aantal verschillende lymfocyten?
- 9
- Wat is een antigeen-presenterende cel?
 - Bij de meeste infecties treedt bij een tweede infectie een snellere afweerreactie op.
Leg uit waardoor dit komt.
 - Als iemand besmet raakt met een voor die persoon nog onbekende bacterie, zijn niet meteen antistoffen in het bloed beschikbaar.
Leg uit hoe dat komt.
 - Geactiveerde B-cellen bevatten veel ribosomen.
Leg uit waarmee dat samenhangt.
- 10 Waardoor zijn antistoffen niet effectief tegen het aidsvirus (zie afbeelding 20)?

► Afb. 20 Aidsvirus.

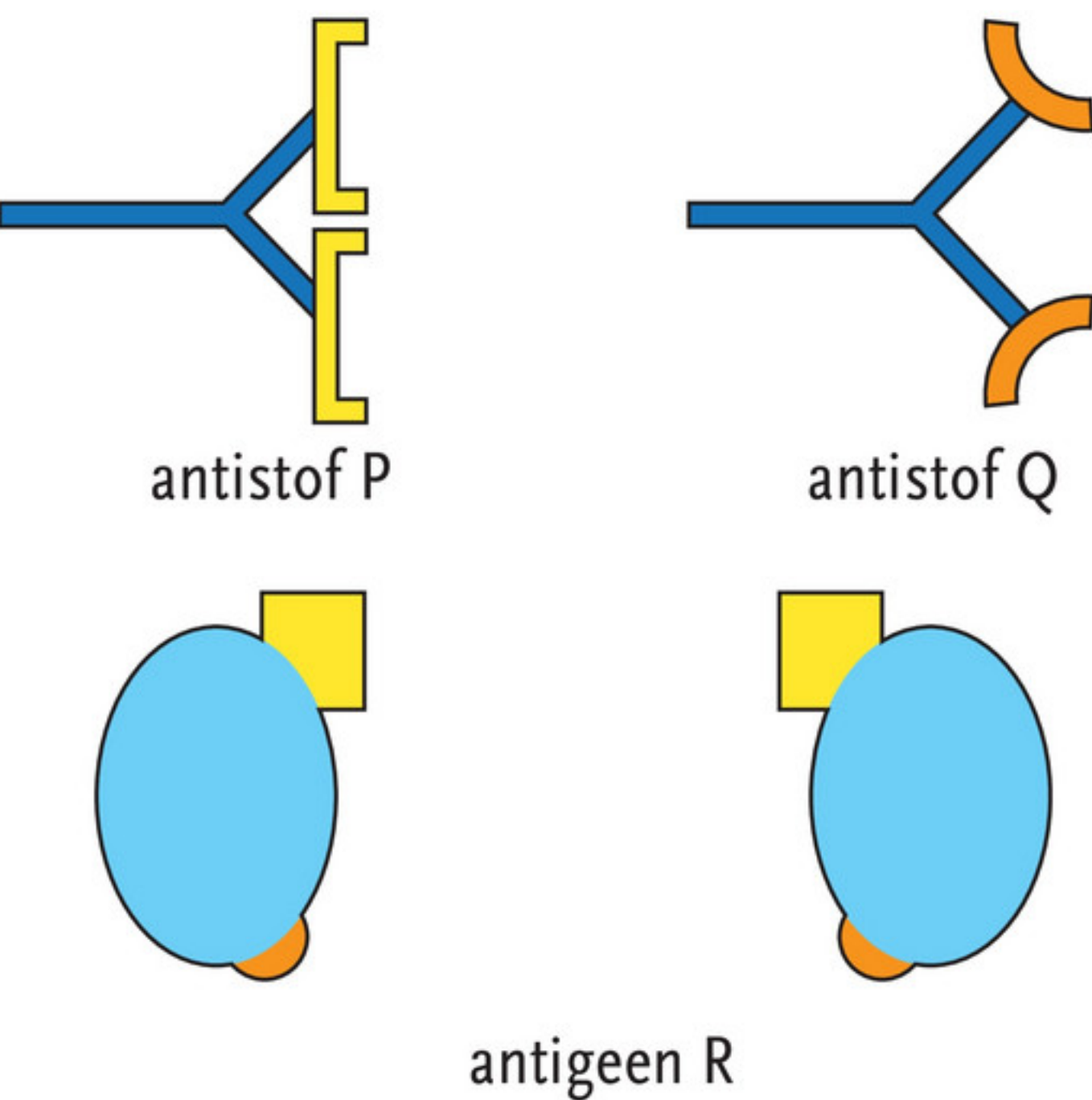


- 11 Lees het onderzoek in afbeelding 21.
- Het kan maanden duren voordat het afweersysteem het virus heeft herkend en opgeruimd, waarna de bultjes verdwijnen.
Tussen welke delen van het virus en welke delen van het bloedserum vindt dan een reactie plaats?
 - Formuleer een onderzoeksvraag op grond van het onderzoek.
 - Formuleer een hypothese op grond van het onderzoek.
 - Waardoor zou scheren van het schaamhaar de kans op een infectie met het virus groter maken?
 - Het experiment is niet goed opgezet. Zo ontbreekt er een controlegroep.
Beschrijf hoe jij een goed onderzoek zou opzetten.

▼ Afb. 21

ONDERZOEK		SCHAAMHAAR SCHEREN LEIDT TOT MEER WATERWRATTEN
Inleiding	Waterwratten komen vooral bij peuters voor, bijvoorbeeld in het gezicht (zie de foto). Ze worden veroorzaakt door een virus dat zich in huidcellen nestelt. Het kan maanden duren voordat het afweersysteem het virus heeft herkend en opgeruimd, waarna de bultjes verdwijnen. Er is een toename van het aantal gevallen van waterwratten bij volwassenen waargenomen, bijvoorbeeld in de schaamstreek. Daarnaast is er een groeiend aantal mensen dat hun schaamhaar scheert.	 Waterwratten rondom het oog.
Onderzoeksvraag		
Hypothese		
Experiment	Bij 30 patiënten (26 mannen en 4 vrouwen) met het virus wordt onderzocht of zij hun schaamhaar verwijderen.	
Resultaat	93% van de patiënten had hun schaamhaar verwijderd.	
Conclusie	Mensen die hun schaamhaar scheren, lopen een groter risico om waterwratten te krijgen.	

▼ Afb. 22 Antistoffen en een antigeen.

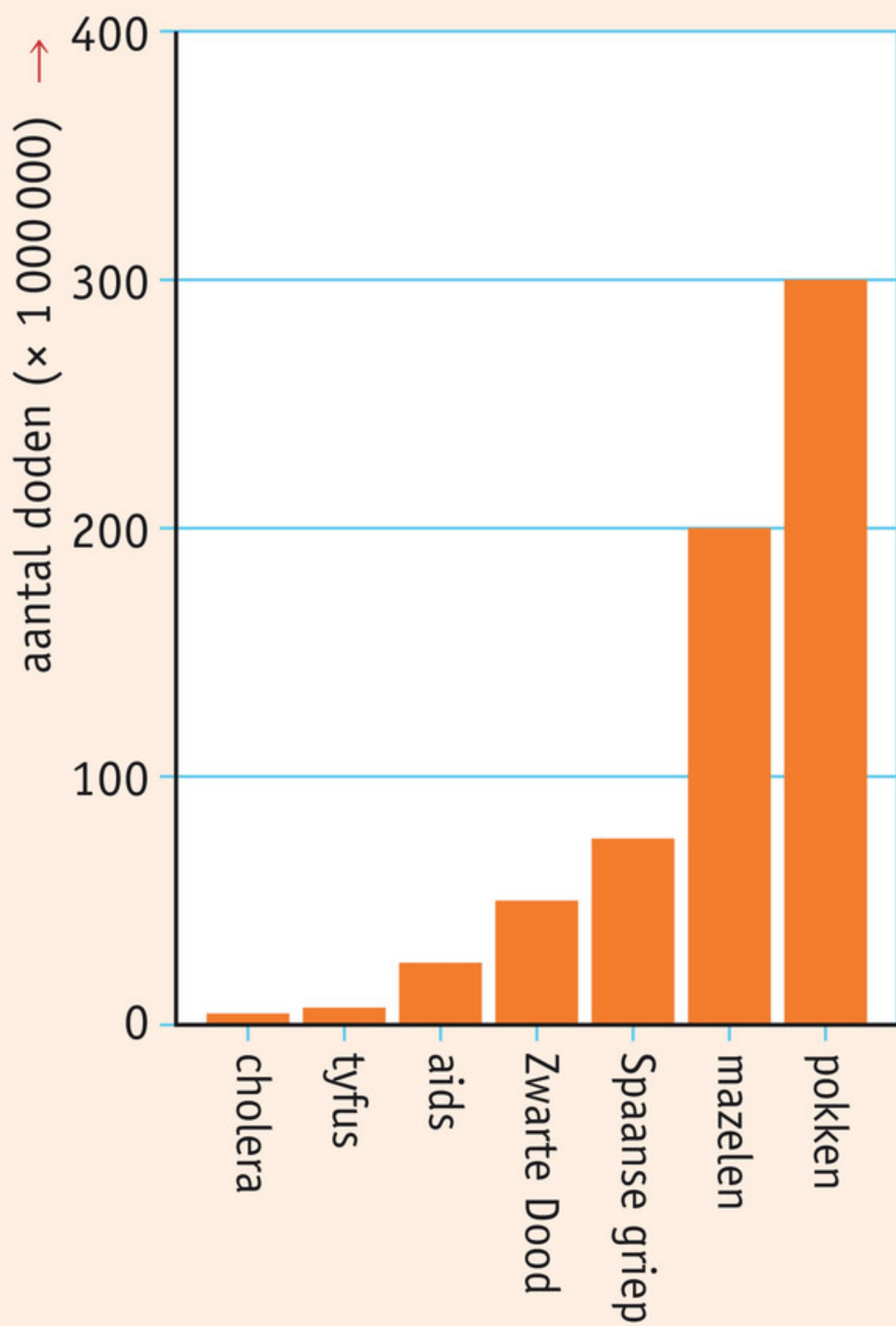


- 12 Aan een antigeenmolecuul kunnen zich tegelijkertijd verschillende antistofmoleculen binden. In afbeelding 22 zijn schematisch twee verschillende antistofmoleculen (P en Q) weergegeven en twee antigeenmoleculen (R) met elk twee bindingsplaatsen voor deze antistofmoleculen.
- a In sommige gevallen kunnen antigenen onschadelijk worden gemaakt door twee antigeenmoleculen aan elkaar te binden. Teken de situatie waarin de antistofmoleculen P en Q twee antigeenmoleculen R aan elkaar binden.
- b Elke binding tussen een antistofmolecuul en een antigeenmolecuul kan weer worden losgemaakt. Teken de vier mogelijke situaties waarbij een van de bindingen van opdracht a is verbroken.

Ziekteverwekkers bepalen wereldgeschiedenis

Ze zijn zo klein dat je ze met het blote oog niet kunt zien. Toch hebben ze een grote invloed gehad op de geschiedenis van de mens. Bacteriën, schimmels en virussen hebben emigratiegolven gestimuleerd en oorlogen beslist. Het is moeilijk voor te stellen wat ziekteverwekkers vroeger konden veroorzaken. Raken we nu al in paniek als er ergens in de wereld enkele mensen zijn overleden aan een nieuw virus, vroeger doodden ziekteverwekkers miljoenen mensen (zie afbeelding 23). Door de Zwarte Dood (de builenpest) bijvoorbeeld stierf tussen 1346 en 1352 een derde van de Europese bevolking. Van 1845 tot 1849 vernietigde de schimmel *Phytophthora infestans* de aardappeloogst in Ierland, waardoor één miljoen Ieren stierven van de honger en nog eens één miljoen Ieren emigreerden, vooral naar de Verenigde Staten. De schimmel verspreidt zich snel in koude natte zomers. Ook de verovering van Noord- en Zuid-Amerika is zeer waarschijnlijk toe te schrijven aan ziekteverwekkers. Zo heeft waarschijnlijk een geïnfecteerde slaaf pokken verspreid onder de oorspronkelijke bevolking van Mexico (de Azteken), waardoor deze in slechts honderd jaar kromp van twintig miljoen naar twee miljoen mensen. In Noord-Amerika gebruikten de Britten de pokken bewust als biologisch wapen tegen de Indianen, door ze met pokken besmette dekens te geven. Pas in 1940 had de mens voor het eerst in de geschiedenis een sterk wapen tegen bacteriële ziekten. Penicilline wordt sindsdien gebruikt als antibioticum.

Afb. 23 Totaal aantal slachtoffers van infectieziekten.



opdracht

- 13 Duizenden jaren geleden veranderde de mens van jager en verzamelaar in landbouwer en veeteler, waardoor uiteindelijk grote steden ontstonden zonder riolen en wc's.
- a Leg uit dat verstedelijking de kans op epidemieën vergroot.
- b Verklaar waardoor een groot deel van de aardappeloogst in Ierland door één schimmelsoort kon worden vernietigd.
- c In korte tijd overleden veel Azteken aan ziekten die Europeanen meebrachten.
Hoe kwam het dat de Spanjaarden minder last hadden van de ziekteverwekkers?
- d Iedereen die nu leeft, stamt af van mensen die verschillende pest-, cholera-, pokken-, mazelen-, griep-, tbc- en polio-epidemieën hebben overleefd.
Hoe hebben ziekteverwekkers onze gezondheid beïnvloed?

Leerdoel

- Je kunt beschrijven op welke manieren immuniteit kan ontstaan.

3 Immuniteit

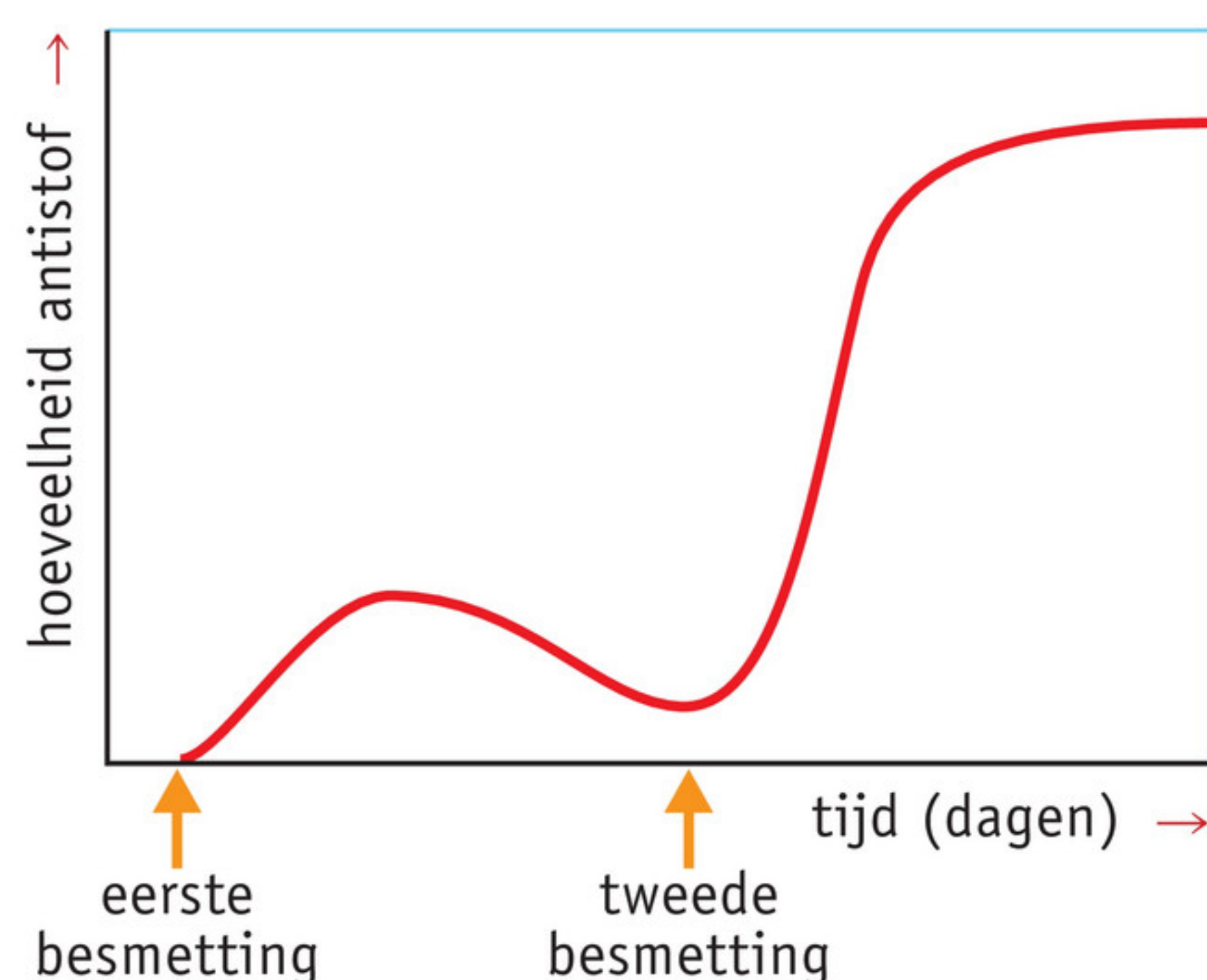
De Engelse arts Jenner besloot eind achttiende eeuw James, de zoon van zijn tuinman, als 'proefkonijn' te besmetten met de koepokken (*vaccinia*) en hem daarna bloot te stellen aan de levensgevaarlijke mensenpokken. Het jongetje ging gelukkig niet dood en vaccinatie redde daarna miljoenen levens.

PRIMAIRE EN SECUNDAIRE REACTIE

Bij een eerste besmetting met een antigeen duurt het enkele dagen voordat er voldoende antistof is gevormd (zie afbeelding 24). Gedurende deze periode kun je ziek zijn. De tijd die verstrijkt tussen het binnendringen van de ziekteverwekker en het optreden van de eerste ziekteverschijnselen wordt **incubatietijd** genoemd. Als je voldoende antistof hebt gevormd, verdwijnen de symptomen. Na zo'n twee weken neemt de hoeveelheid antistof meestal niet meer toe. We noemen deze antistofvorming de **primaire reactie**. Hierna wordt de antistof geleidelijk afgebroken.

Bij een tweede besmetting met hetzelfde antigeen zorgen de geheugencellen ervoor dat vrijwel onmiddellijk antistof wordt gevormd (de **secundaire reactie**). De hoeveelheid antistof wordt veel groter en neemt veel langzamer af dan bij de primaire reactie. Na een secundaire reactie blijft de antistof veel langer in het bloed aanwezig. Door de snelle secundaire reactie heb je bij een tweede besmetting meestal vrijwel geen ziekteverschijnselen. Je bent door de primaire reactie **immuun** geworden.

► **Afb. 24** Primaire en secundaire reactie bij antistofvorming.



▼ **Afb. 25** Kind met waterpokken.



NATUURLIJKE EN KUNSTMATIGE IMMUNITEIT

Immuniteit die wordt verkregen als reactie op het binnendringen van een ziekteverwekker, noem je **natuurlijke immuniteit**. Bij veel kinderziekten is sprake van natuurlijke immuniteit, bijvoorbeeld na waterpokken (zie afbeelding 25). De opgebouwde immuniteit bij kinderziekten is meestal levenslang. **Kunstmatische immuniteit** wordt opgewekt door opzettelijke blootstelling aan een antigeen. Dat heet **immunisatie**. Kunstmatige immuniteit geeft een minder langdurige bescherming dan natuurlijke immuniteit, doordat bij immunisatie niet de echte, volledige ziekteverwekker wordt gebruikt.

Een voorbeeld van immunisatie is **vaccinatie**, de toediening van een stof die het afweersysteem activeert en daardoor immuniteit opwekt (het **vaccin**). Meestal gebeurt vaccinatie door middel van inenting (zie afbeelding 26). Het vaccin bestaat uit gedode of verzwakte ziekteverwekkers of delen van ziekteverwekkers. Soms

▼ Afb. 26 Vaccinatie door inenting.



worden alleen gezuiverde antigenen van ziekteverwekkers toegediend. Als reactie op het vaccin gaat het afweersysteem antistof maken tegen het antigeen van de ziekteverwekker. Geheugencellen zorgen voor immuniteit bij een latere besmetting.

In ons land worden vrijwel alle kinderen binnen het Rijksvaccinatieprogramma ingeënt tegen infectieziekten (zie afbeelding 27). Het vaccinatieprogramma is erg succesvol tegen ziekten die vroeger leidden tot de dood of tot mindervaliditeit, zoals polio en mazelen. Het vaccineren van kinderen brengt weinig risico’s met zich mee: minder dan één op de miljoen reageert met een allergische reactie op vaccinatie tegen mazelen. De ziekte zelf kan daarentegen erg gevaarlijk zijn: één op de duizend patiënten krijgt acute hersenontsteking met mogelijk blijvende hersenschade. Toch zijn er ouders die hun kinderen niet of niet volledig laten inenten, meestal uit religieuze overwegingen of door gebrek aan kennis over vaccineren. Een hoge vaccinatiegraad (het percentage kinderen dat is ingeënt) is bij de meeste ziekten nodig om de bevolking als geheel te beschermen tegen uitbraken.

►► PRACTICUMOPDRACHT 1

▼ Afb. 27 Het Rijksvaccinatieprogramma.



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Vaccinatieschema Rijksvaccinatieprogramma

Fase 1	Inenting 1	Inenting 2
 6-9 weken	DKTP Hib HepB	Pneu
 3 maanden	DKTP Hib HepB	
 4 maanden	DKTP Hib HepB	Pneu
 11 maanden	DKTP Hib HepB	Pneu
 14 maanden	BMR	MenC

Fase 2	Inenting 1	Inenting 2
 4 jaar	DKTP	

Fase 3	Inenting 1	Inenting 2
 9 jaar	DTP	BMR

Fase 4	Inenting 1	Inenting 2
 12 jaar	HPV*	HPV * (6 maanden later)

Betekenis afkortingen

D	Difterie	HepB	Hepatitis B	MenC	Meningokokken C
K	Kinkhoest	Pneu	Pneumokokken	HPV	Humaan Papillomavirus
T	Tetanus	B	Bof	*	Alleen voor meisjes
P	Polio	M	Mazelen		
Hib	Haemophilus influenzae type b	R	Rodehond		



opdrachten

- 14 a Wat is de incubatietijd?
 b Wanneer is iemand immuun voor een bepaalde ziekte?
 c Waardoor verloopt de secundaire reactie bij de antistofvorming sneller en heviger dan de primaire reactie?
- 15 Ziekteverwekkers van typische kinderziekten komen vaker voor dan andere ziekteverwekkers.
 Leg uit hoe het komt dat kinderziekten bij volwassenen toch vrijwel niet voorkomen.
- 16 In 2013 en 2014 vond in Nederland een mazelenepidemie plaats. Mazelen is geen onschuldige kinderziekte. Het mazelenvirus verzwakt bijvoorbeeld het afweersysteem tot wel twee jaar. Hierbij verdwijnen cellen die ziekteverwekkers herkennen waarmee het lichaam in het verleden in contact is geweest. Het gevolg hiervan is dat besmette mensen vatbaarder worden voor infecties met andere ziekteverwekkers, net als bij aids. Jaarlijks sterven wereldwijd meer dan honderdduizend mensen (vooral kinderen) aan de ziekte, ondanks de beschikbaarheid van een vaccin.
- a Hoe heten de cellen die eerdere (voormalige) ziekteverwekkers kunnen herkennen?
 b Bij mazelen verdwijnen cellen die eerder bestreden ziekteverwekkers herkennen.
 Wat zal hiervan het gevolg zijn?
 c Welke bestanddelen zullen in het vaccin tegen mazelen aanwezig zijn?
 d Leg uit dat na het doormaken van mazelen en na vaccinatie dezelfde immuniteit voor mazelen ontstaat.
 e Door vaccinatie tegen mazelen ontstaat immuniteit.
 Geef nog een reden waarom het belangrijk is dat mazelen is opgenomen in het vaccinatieprogramma.
- 17 Verkoudheid en griep worden net als de mazelen veroorzaakt door een virus. Waardoor kan tegen mazelen wel, maar tegen verkoudheid en griep geen blijvende immuniteit ontstaan?

ACTIEVE EN PASSIEVE IMMUNISATIE

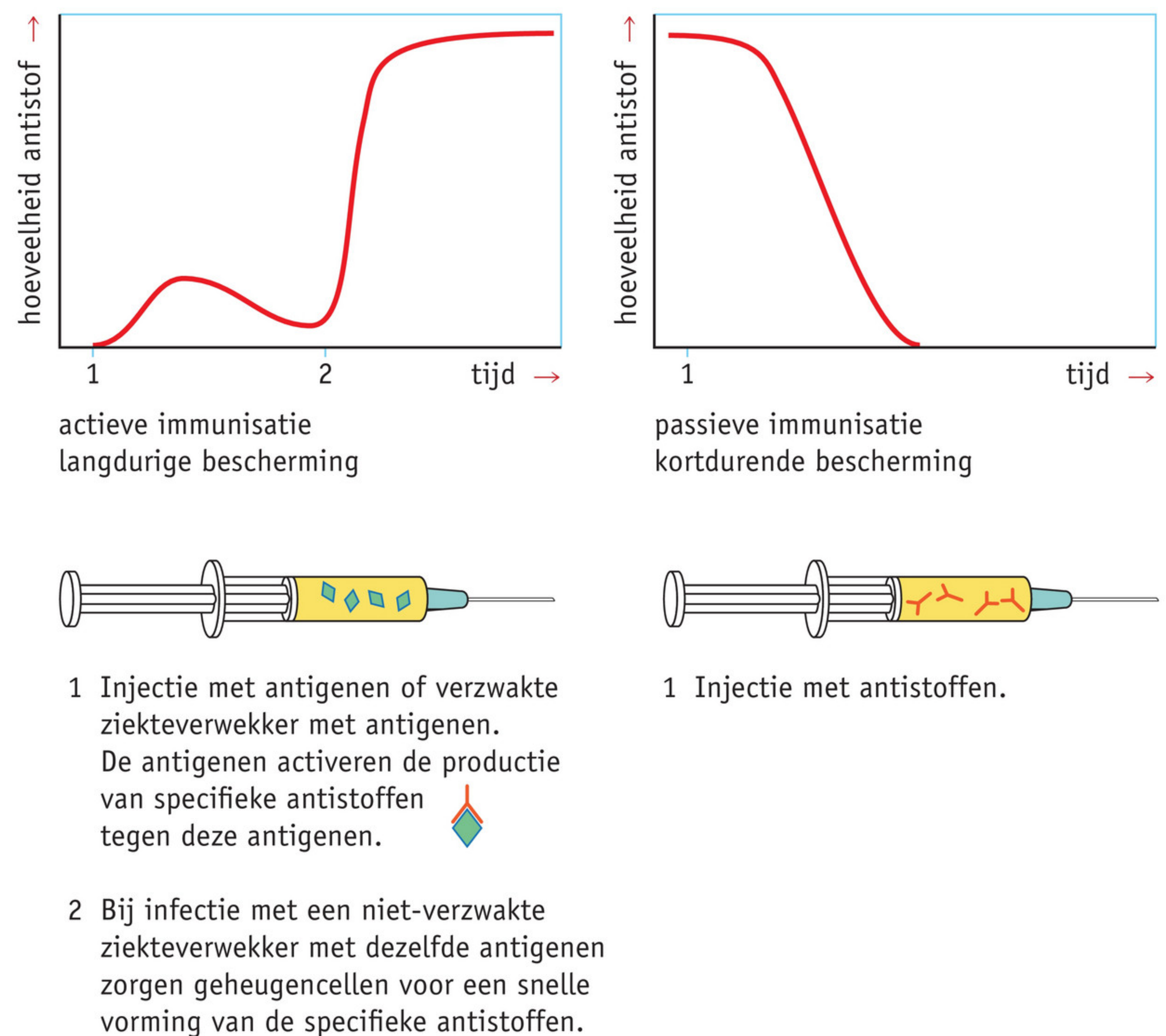
Wanneer iemand door vaccinatie immuun wordt voor een ziekte, noem je dat **actieve immunisatie**. Het afweersysteem reageert actief op de ziekteverwekker en zorgt onder andere voor de aanmaak van geheugencellen die een langdurige bescherming geven.

In sommige (nood)gevallen wordt **passieve immunisatie** toegepast. Bij passieve immunisatie worden antistoffen ingespoten, bijvoorbeeld wanneer iemand is gebeten door een gifslang of een giftige spin. Het lichaam maakt hierbij niet zelf antistoffen en geheugencellen aan. Daarom geeft passieve immunisatie slechts kortdurende bescherming.

Antistoffen worden toegediend in de vorm van antiserum: bloedplasma zonder stollingseiwitten van een mens of dier dat eerst immuun is gemaakt tegen bepaalde vergiften of ziekteverwekkers. Het bevat dus veel specifieke antistoffen. Een nadeel van het toedienen van een antiserum is dat in het bloed van het dier vele verschillende antistoffen voorkomen. Dit kan soms tot een ernstige allergische reactie leiden, waarbij het afweersysteem van de mens reageert tegen de dierlijke antistoffen.

Afbeelding 28 geeft een overzicht van actieve en passieve immunisatie.

► **Afb. 28** Actieve en passieve immunisatie.

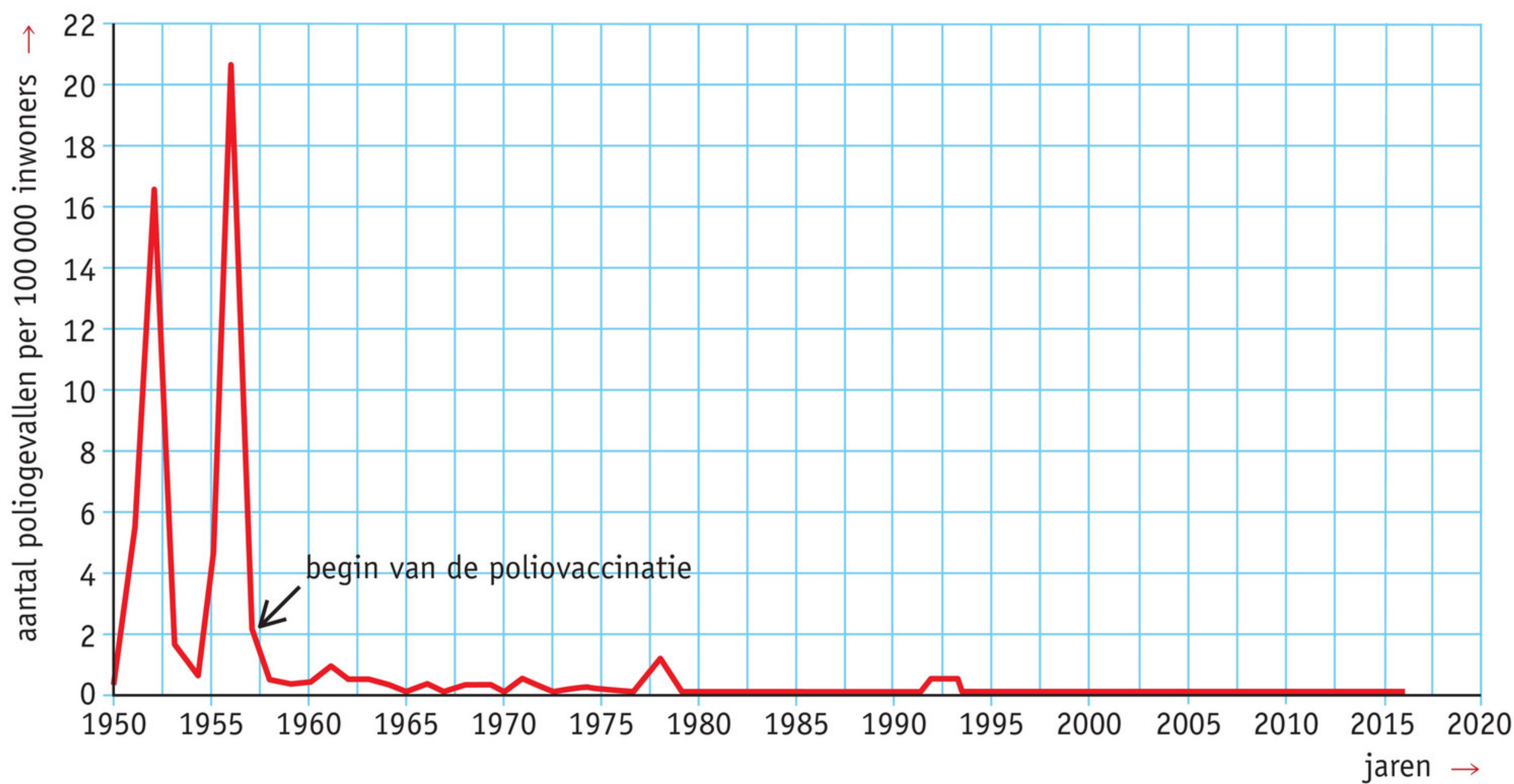


opdrachten

- 18** Immunisatie is het opwekken van immuniteit door blootstelling aan een antigeen.
 - a** Wat is het verschil tussen actieve en passieve immunisatie?
 - b** Worden bij actieve immunisatie geheugencellen gevormd? En bij passieve immunisatie?
- 19** Hoe komt het dat een kind dat een DKTP-Hib-HepB-prik krijgt vaak een dag een beetje ziek is?
- 20** Gebruik bij deze opdracht je **Binas** (tabel 84K) en internet.
 - a** Het afweersysteem van een foetus is nog niet actief. Toch komen in het bloed van een foetus antistoffen voor. Op welke manier kunnen deze antistoffen daar terecht zijn gekomen?
 - b** Na de geboorte en gedurende de borstvoeding komen in het bloed van de zuigeling ook andere antistoffen voor. Op welke manier komen deze antistoffen in de baby?
 - c** Bij zuigelingen kun je spreken van passieve natuurlijke immuniteit. Leg dat uit.
 - d** Zoek op internet enkele gevolgen van een minder goed ontwikkeld afweersysteem bij baby's.
- 21** Welke conclusie kun je trekken over het antigeen bij koepokken en bij (mensen)pokken?

- 22 Tetanus is een infectieziekte die gepaard gaat met spierkrampen. Iemand die is besmet met tetanusbacteriën kan passief worden geïmmuniseerd door een injectie met antiserum tegen deze tetanusbacteriën. Vroeger werd dit serum verkregen door bloed af te nemen bij een dier (bijvoorbeeld een paard) dat bij herhaling met kleine hoeveelheden tetanusbacteriën was ingespoten. Als een patiënt nog meer injecties nodig had, kreeg hij niet opnieuw paardenserum. De ervaring had geleerd dat er dan heftige reacties konden optreden. De patiënt kreeg dan serum van een rund of een schaap. Tegenwoordig worden menselijke antistoffen toegediend.
- De immuniteit die ontstaat door het toedienen van een serum is slechts van korte duur. Leg uit waardoor dat komt.
 - Wat is de verklaring voor de heftige reactie bij het opnieuw toedienen van paardenserum?
- 23 Polio wordt veroorzaakt door een virus dat zenuwcellen aantast. Sinds begin jaren vijftig van de vorige eeuw wordt in Nederland op grote schaal gevaccineerd. Sindsdien is het aantal poliogegevallen sterk afgenomen, ook in gebieden waar niet alle kinderen worden gevaccineerd (zie afbeelding 29).
- Noem een reden waarom ouders hun kind(eren) niet laten inenten tegen polio of mazelen.
 - Hoewel het poliovirus voortdurend in Nederland aanwezig is en steeds een percentage van de bevolking niet is gevaccineerd, traden in 2000 geen gevallen van polio op. Leg uit waardoor dit komt.

▼ Afb. 29 Polio in Nederland.



- 24 Meisjes kunnen vanaf 12 jaar worden gevaccineerd tegen baarmoederhalskanker. Baarmoederhalskanker wordt meestal veroorzaakt door het humaan papillomavirus (HPV), waarvan er meer dan honderd typen zijn. Slechts enkele ervan veroorzaken kanker. In 2009 werd HPV-vaccinatie opgenomen in het Rijksvaccinatieprogramma. Vrouwen die niet zijn ingeënt, worden regelmatig gecontroleerd op baarmoederhalskanker door uitstrijkjes te maken. Bij een uitstrijkje worden met een spatel of borsteltje cellen van het slijmvlies in de vagina afgenomen en onderzocht op een voorstadium van baarmoederhalskanker. Dit is een simpele en goedkope manier. Een uitstrijkje kost € 20 en een vaccinatie kost ongeveer € 400. Nadeel van het uitstrijkje is dat niet alle vrouwen zich laten controleren.

Hierna staat een aantal uitspraken over vaccinatie tegen baarmoederhalskanker.

- 1 Sophie wil zich niet laten inenten, omdat zij heeft gelezen dat er één meisje was dat na de vaccinatie een eileiderontsteking heeft gekregen.
 - 2 Asha laat zich niet vaccineren, omdat de vaccinatie haar niet beschermt tegen alle vormen van baarmoederhalskanker.
 - 3 Esra vindt dat HPV-vaccinatie verplicht moet worden, omdat het vele doden per jaar voorkomt.
 - 4 Julia laat zich niet vaccineren, omdat de meeste varianten van HPV onschadelijk zijn.
 - 5 Judith zegt dat zij door HPV-vaccinatie haar hele leven niet meer bang hoeft te zijn dat zij baarmoederhalskanker krijgt.
 - 6 Lotte zegt dat uitstrijkjes net zo effectief zijn in het voorkomen van baarmoederhalskanker als de HPV-vaccinatie.
- a Noteer bij elke uitspraak een argument voor of tegen de stelling van het meisje. Informatie over de voor- en nadelen van HPV-vaccinatie kun je eventueel opzoeken op internet.
 - b Bespreek de resultaten in een groepje of met de klas.

CONTEXT

Beroep

▼ **Afb. 30** Pieter van Gageldonk in het RIVM-laboratorium in Bilthoven.



Researchmedewerker RIVM

Pieter van Gageldonk is senior onderzoeksmedewerker bij het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Pieter is na zijn hbo-opleiding bij het Centrum Immunologie van Infectieziekten en Vaccins van het RIVM gaan werken en doet daar onderzoek naar de kwantiteit en kwaliteit van de immunologische bescherming tegen infectieziekten (zie afbeelding 30).

‘Het gaat hierbij vooral om ziekten waartegen wordt gevaccineerd binnen het Rijksvaccinatieprogramma. We richten ons op immunologische reacties. Dit kan zijn kort na vaccinatie of op lange termijn. Om immunologische reacties te kunnen meten, moeten we in het laboratorium goede analysemethoden ontwikkelen. Het onderzoek wordt voornamelijk gericht op populatieniveau. De vraag daarbij is dus: hoe goed is de Nederlandse bevolking beschermd tegen infectieziekten? Daarnaast is er een toenemende aandacht voor specifieke groepen die mogelijk niet optimaal reageren op vaccinaties. Denk aan mensen met een verzwakt immuunsysteem, te vroeg geboren baby’s en ouderen. De resultaten van het onderzoek worden gebruikt om de overheid (de minister) te adviseren over aanpassingen van vaccinatieschema’s en vaccincomponenten. Dat zijn bijvoorbeeld bewerkte ziekteverwekkers zoals bacteriën en virussen, hulpstoffen en additieven, bijvoorbeeld om het vaccin goed te kunnen bewaren en om het lichaam aan te zetten tot nog meer antistofvorming.’

opdracht

- 25 Ga naar de website van het RIVM. Zoek het Centrum Immunologie van Infectieziekten en Vaccins (Centrum IIV).
 - a Wat is het doel van het Centrum IIV?
 - b Welke werkzaamheden worden bij het Centrum IIV verricht om dit doel te bereiken?
 - c Zoek enkele hbo-studies die opleiden voor het werk in een laboratorium zoals bij het RIVM.

Leerdoel

- Je kunt beschrijven welke problemen door antigenen kunnen ontstaan bij transplantaties en bloedtransfusies.

4

Transplantatie en bloedtransfusie

Vroeger gingen veel mensen dood na een transplantatie en ook bloedtransfusies waren geen succes. Pas na de ontdekking van de bloedgroepen door Karl Landsteiner in 1901 ging het stukken beter.

TRANSPLANTATIE

Bij een **transplantatie** wordt een aangetast weefsel of orgaan vervangen. Het nieuwe weefsel of orgaan kan afkomstig zijn van de patiënt zelf (de **acceptor**), maar ook van iemand anders (een **donor**). Als het weefsel of orgaan afkomstig is van een donor, is er kans op een **afstotingsreactie**. Afstotingsreacties worden opgewekt door eiwitten op de celmembranen van het getransplanteerde weefsel of orgaan. Deze eiwitten worden door het afweersysteem van de acceptor gezien als antigenen. De eiwitten komen voor op alle cellen van zoogdieren, behalve op rode bloedcellen, en zijn voor ieder individu uniek (alleen eeneiige tweelingen hebben dezelfde eiwitten). Dankzij dit systeem, het **Major Histocompatibility Complex** of **MHC**, kunnen lymfocyten de eigen cellen onderscheiden van lichaamsvreemde cellen. Bij mensen wordt dit systeem **Human Leukocyte Antigen (HLA)** genoemd. Voorafgaand aan een transplantatie moet worden onderzocht of het HLA-systeem van de donor past bij het HLA-systeem van de acceptor. Aangezien de kans hierop klein is, is er een internationaal registratiesysteem ontwikkeld om geschikt donormateriaal voor een acceptor te vinden. Wanneer een donororgaan beschikbaar komt, bijvoorbeeld na een ongeval, kan via dit systeem snel worden bekeken voor welke patiënt dit orgaan het meest geschikt is (HLA-matching).

De HLA-systemen van donor en acceptor komen vrijwel nooit 100% overeen. Afstotingsreacties treden vooral op doordat T-cellen van de acceptor de antigenen op de membranen van de donorcellen herkennen. Donorcellen worden dan door de T-cellen vernietigd. Afstotingsreacties door de vorming van antistoffen door de acceptor komen veel minder vaak voor. Als ze voorkomen, leiden ze vaak tot een zeer snelle afstoting (**acute afstoting**). Afstotingsreacties kunnen worden onderdrukt met medicijnen die het gehele afweersysteem onderdrukken.

DONORREGISTRATIE

Alle Nederlandse ingezetenen van 18 jaar en ouder krijgen een **donorverklaring** toegestuurd. Daarmee kun je aangeven of je wel of geen orgaandonor wilt zijn. Tegenwoordig kan dit ook eenvoudig online (zie afbeelding 31). De gegevens worden centraal geregistreerd in het **Donorregister**. Een arts kan bij overlijden meteen in het register nagaan welke beslissing iemand heeft genomen, waardoor een donororgaan veel sneller bij de juiste patiënt terechtkomt. Snelheid is geboden, want een hart bijvoorbeeld kan slechts ongeveer vier uur in goede toestand worden bewaard.

Er zijn in Nederland meer mensen die een donororgaan nodig hebben dan er organen beschikbaar komen. Om het tekort tegen te gaan wordt in juli 2020 de Wet op de orgaandonatie gewijzigd. Onder de nieuwe wet wordt iedereen die zelf geen keuze maakt, geregistreerd als orgaandonor ('geen bezwaar').

► **Afb. 31** Donorregistratie via DigiD.



opdrachten

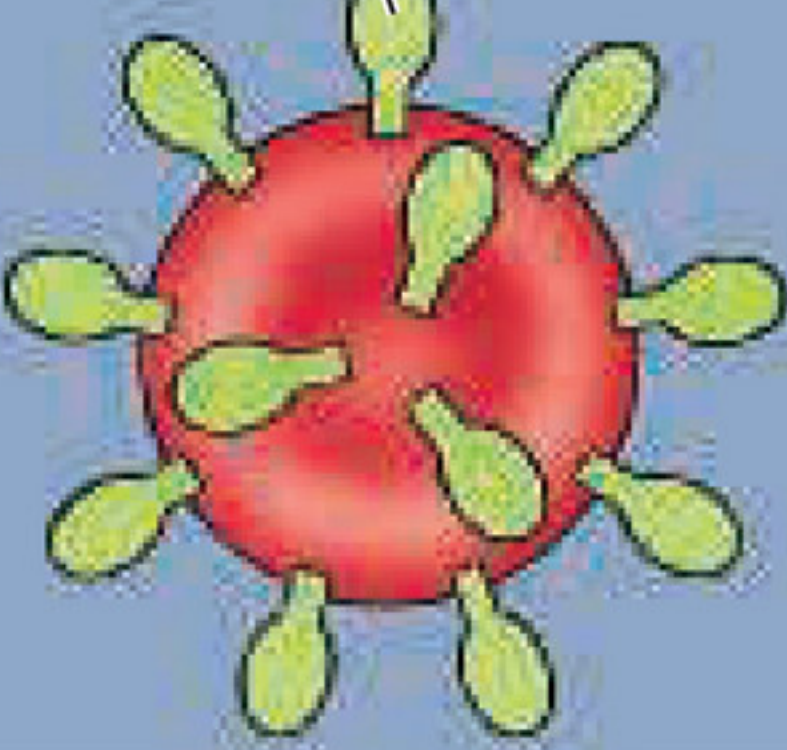
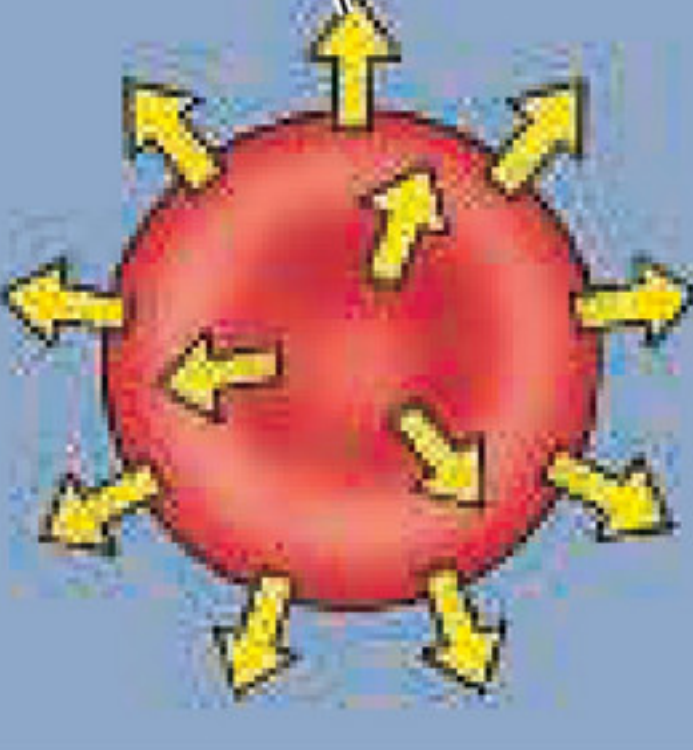
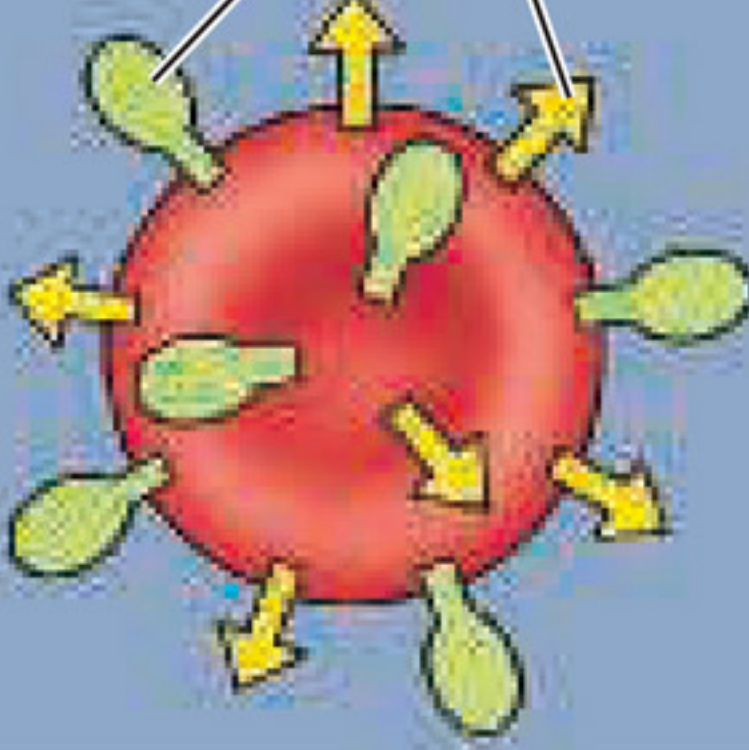
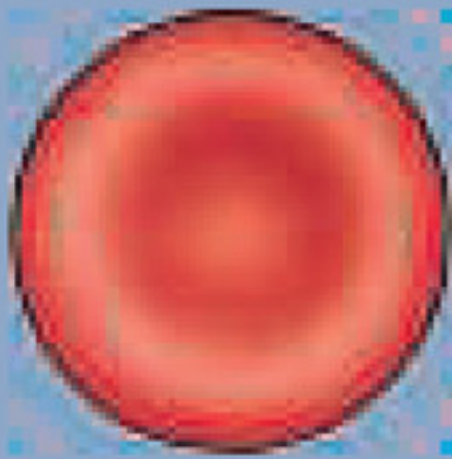
- 26** Bij transplantatie kan een afstotingsreactie optreden.
- Welke cellen van het afweersysteem zijn meestal verantwoordelijk voor afstotingsreacties?
 - Wat is het doel van HLA-matching?
 - Bij ernstige brandwonden wordt soms een stuk huid van de patiënt getransplanteerd van een onbeschadigd lichaamsdeel naar het verbrande deel.
Zal deze transplantatie afstotingsverschijnselen veroorzaken? Leg je antwoord uit.
 - Bij beenmergtransplantaties gaat de voorkeur uit naar een donor die broer of zus is van de acceptor. Leg dat uit.
 - Wat wordt bedoeld met afstemming op weefseltypering?
- 27** De nieuwe donorwet leidde tot veel discussie. Sommige mensen zijn bijvoorbeeld van mening dat de staat eigendom wordt van je lichaam bij een systeem van 'geen bezwaar'. Je bent dan immers donor vanaf het moment dat je wordt geboren, tenzij je ouders of vanaf je 16e jijzelf, expliciet aangeven dat niet te willen. Dit zou in strijd zijn met een elementair mensenrecht, namelijk dat jij zelf beschikt over je eigen lichaam en niet een overheid.
- Leg uit of je het met deze stelling wel of niet eens bent.
 - Sommige mensen willen geen donor zijn, omdat ze bang zijn dat ze mogelijk eerder dood worden verklaard om hun organen.
Leg uit dat deze angst waarschijnlijk ongegrond is. Gebruik hiervoor ook internet.

BLOEDGROEPEN

Op de celmembranen van rode bloedcellen komen geen HLA-eiwitten voor, maar wel antigenen die kunnen leiden tot afweerreacties. Op grond van deze antigenen zijn er meer dan driehonderd systemen ontwikkeld om bloedgroepen in te delen. De belangrijkste systemen zijn het **ABO-systeem** en de **resusfactor**.

▼ **Afb. 32** Antigenen en antistoffen bij de bloedgroepen van het ABO-systeem.

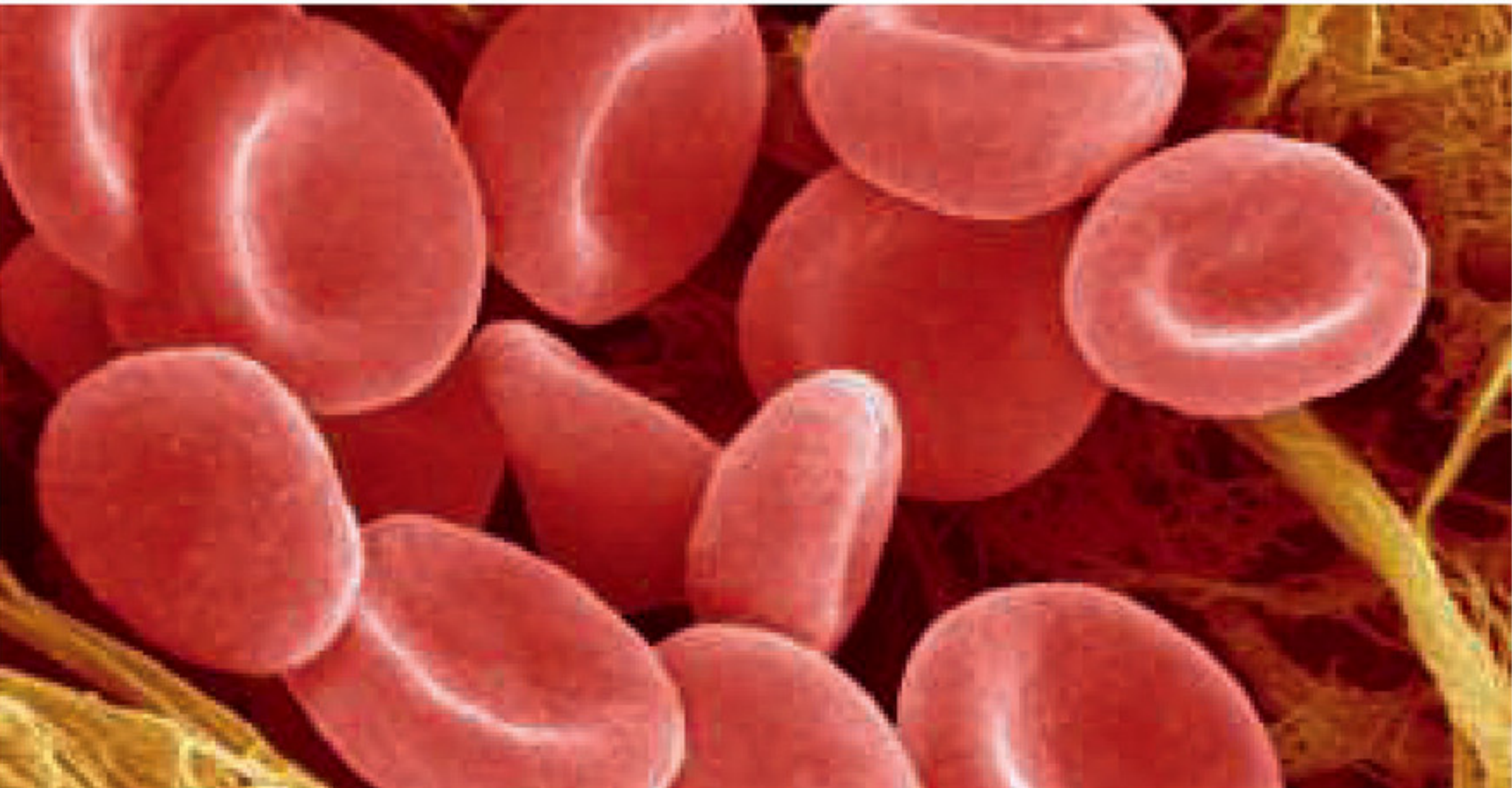
Het ABO-systeem bestaat uit de bloedgroepen A, B, AB en 0 (nul). Hierbij zijn twee antigenen betrokken (zie afbeelding 32). Mensen met bloedgroep A hebben op de celmembranen van rode bloedcellen het antigeen A, mensen met bloedgroep B hebben het antigeen B. Mensen met AB hebben beide antigenen. Iemand met geen van beide antigenen behoort tot bloedgroep 0.

	Bloedgroep A	Bloedgroep B	Bloedgroep AB	Bloedgroep 0
Antigenen aan rode bloedcellen	antigeen A 	antigeen B 	antigeen A en B 	geen antigeen A geen antigeen B 
Antistoffen in bloedplasma	anti-B 	anti-A 	geen anti-A geen anti-B	anti-A anti-B 
% in Nederland	43%	9%	3%	45%

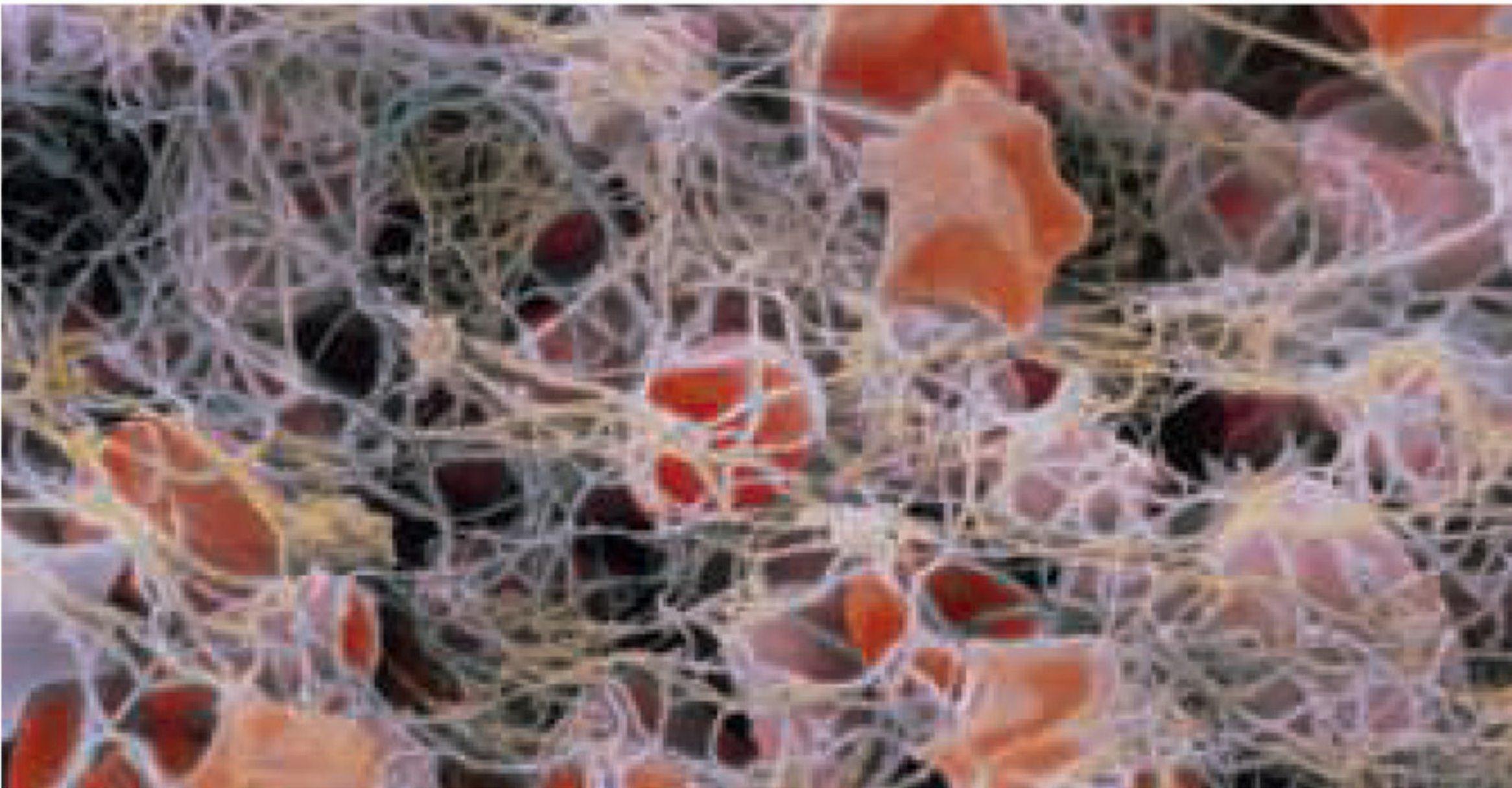
Bij ieder mens bevat het bloedplasma de antistoffen tegen de antigenen die niet op de celmembranen van hun rode bloedcellen voorkomen. Bij iemand met bloedgroep A zit dus antistof tegen B in het bloedplasma en iemand met bloedgroep B heeft antistof tegen A. Mensen met bloedgroep 0 hebben antistof tegen zowel A als B. Deze antistoffen worden vlak na de geboorte gevormd.

Rode bloedcellen klonteren samen als het antigeen in contact komt met de antistof (zie afbeelding 33). De samengeklonterde bloedcellen blijven steken in de haarvaten en gaan te gronde. Hierdoor komt hemoglobine vrij in het bloedplasma. Dit proces wordt **hemolyse** genoemd. Het kan onder andere hersen- en nierbeschadigingen tot gevolg hebben en zelfs leiden tot de dood. Een patiënt moet dus bij voorkeur donorbloed van dezelfde bloedgroep ontvangen. Tegenwoordig worden bij een bloedtransfusie alleen nog maar rode bloedcellen toegediend. Door donorbloed te centrifugeren wordt bloedplasma gescheiden van de rode bloedcellen. De antistoffen die in het plasma aanwezig zijn, worden dan niet toegediend. Hierdoor ontstaan meer mogelijkheden voor bloedtransfusies met bloed van een andere bloedgroep.

▼ **Afb. 33** Rode bloedcellen.



1 normaal bloed

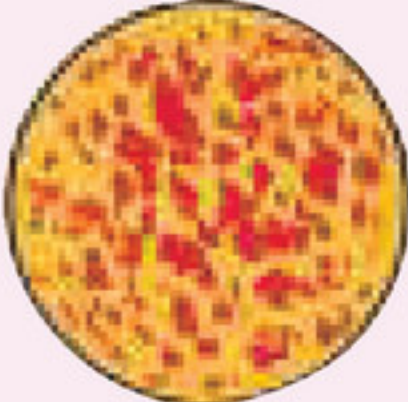
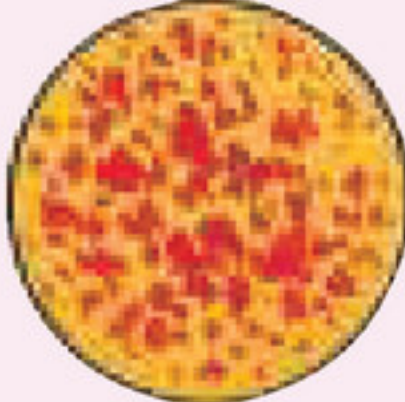
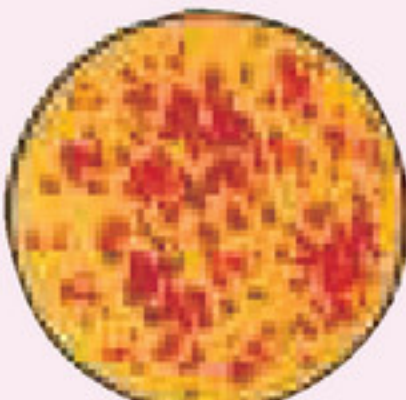
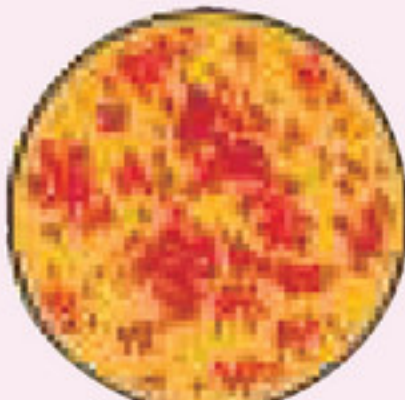
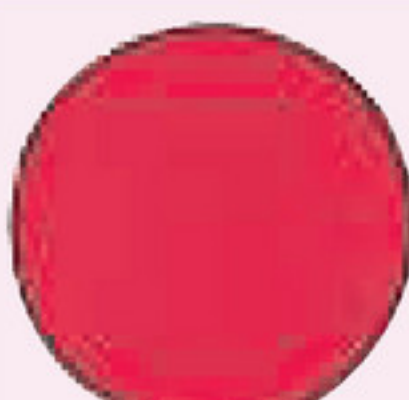
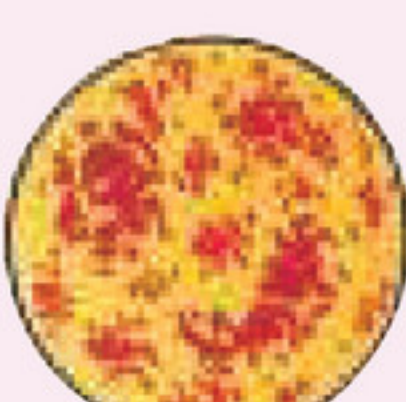
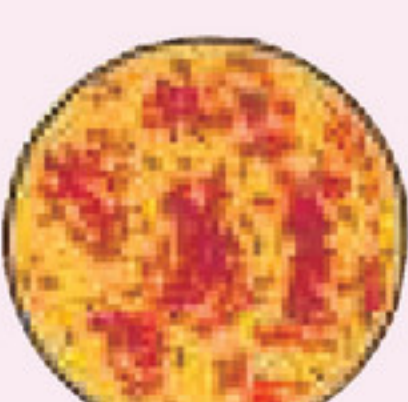
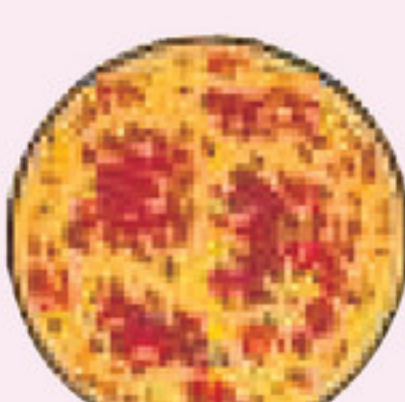


2 samengeklonterd bloed

opdrachten

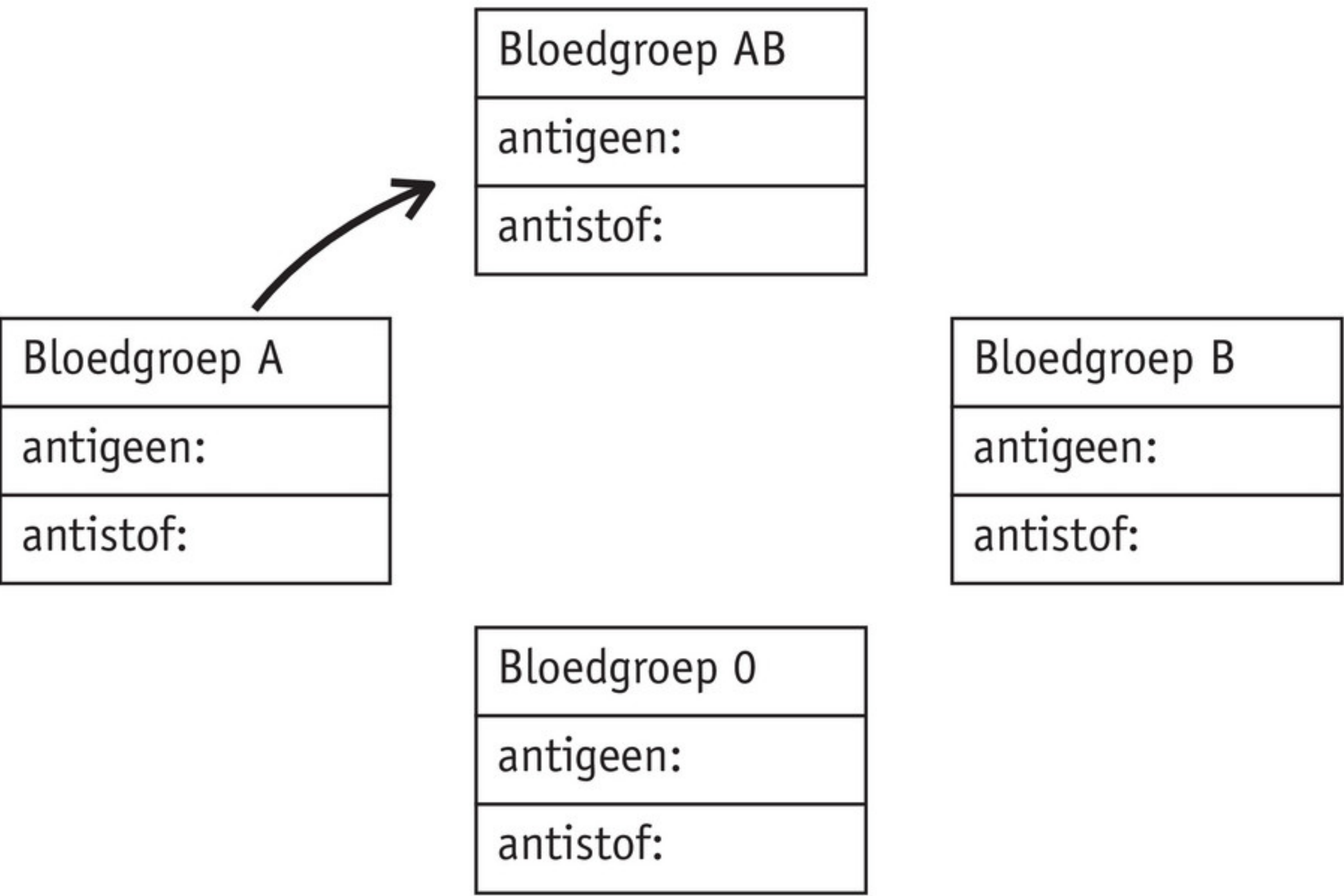
- 28 In afbeelding 34 geven de egaal ingevulde cirkels aan dat een bloedtransfusie goed verloopt.
- a Geef voor elke bloedgroep aan van welke bloedgroep(en) je bloed kunt toedienen aan een patiënt met deze bloedgroep.
 - b Van welke bloedgroep kun je bloed aan alle patiënten geven? Verklaar waarom.
 - c Welke bloedgroep moet een patiënt hebben om bloed van alle bloedgroepen te kunnen ontvangen? Leg uit waarom.
 - d Welke bloedgroep wordt de algemene donor genoemd, en welke bloedgroep de algemene acceptor? Leg je antwoord uit.

Afb. 34 Transfusieschema.

		bloedgroep van het donorbloed			
		A	B	AB	0
bloedgroep van de patiënt (ontvanger)	A				
	B				
	AB				
	0				

- 29 Neem het schema van afbeelding 35 over.
- a Vul bij elke bloedgroep in welke antigenen er aan de rode bloedcellen zitten en welke antistoffen er in het bloedplasma voorkomen.
 - b Geef met pijlen aan welke bloedtransfusies mogelijk zijn. Dit is voorgedaan voor de transfusie van donorbloed van bloedgroep A naar een ontvanger van bloedgroep AB.

Afb. 35 Bloedtransfusies.

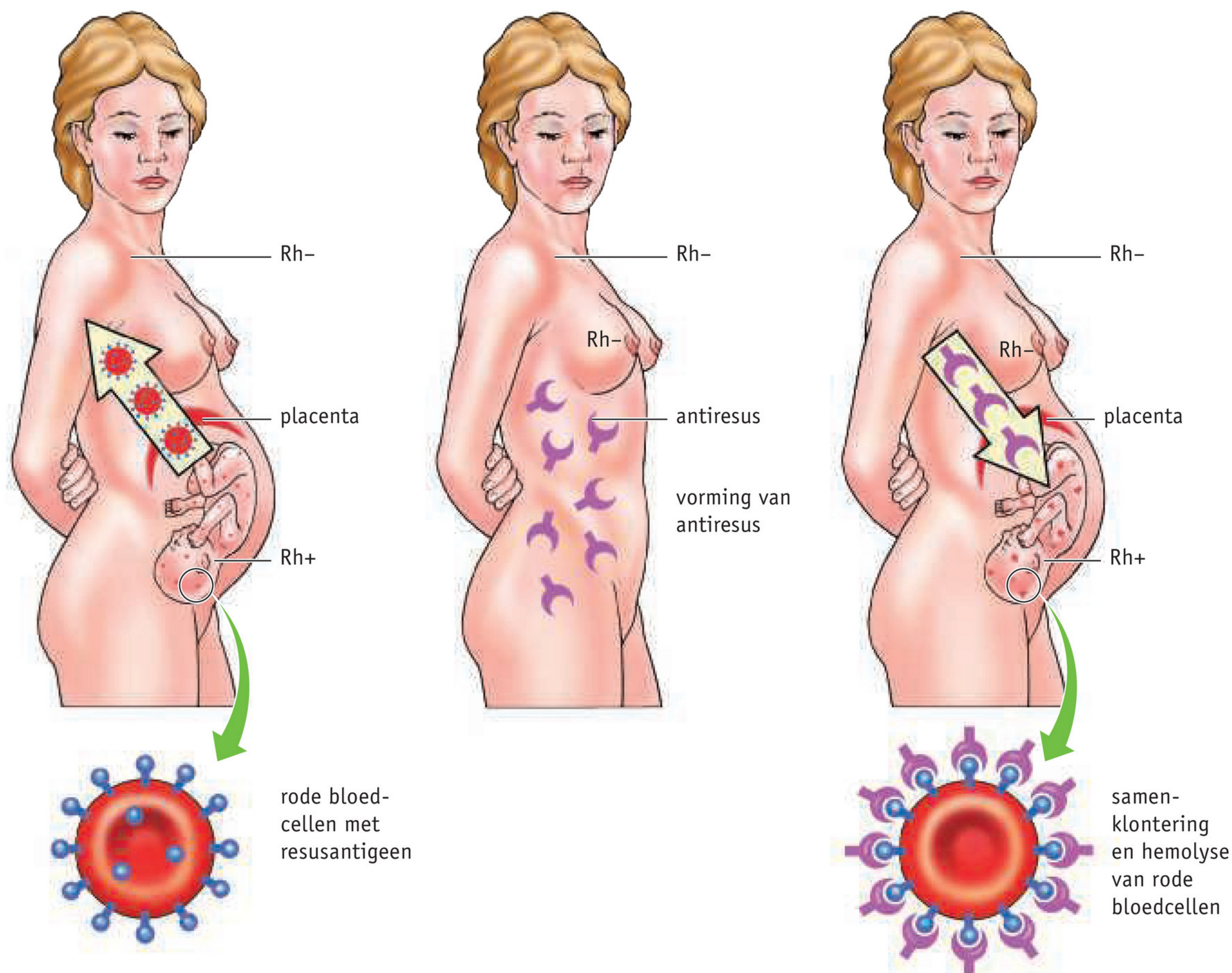


RESUSFACTOR

Bij 85% van de mensen komt op de celmembranen van de rode bloedcellen een eiwit voor dat ook op de celmembranen van het resusaapje voorkomt. Dit eiwit wordt daarom **resusantigeen** of **resusfactor** genoemd. Bloed met het resusantigeen wordt resuspositief bloed genoemd (Rh+). Mensen die het resusantigeen niet hebben, zijn resusnegatief (Rh-). Deze mensen kunnen antistof (**antiresus**) maken tegen het resusantigeen. Zij maken deze antistof pas als ze in contact komen met resuspositief bloed. Als een patiënt met resusnegatief bloed (bijvoorbeeld A Rh-) resuspositief bloed (bijvoorbeeld A Rh+) ontvangt, zal deze persoon antiresus maken (primaire reactie). Hierdoor klonteren de rode bloedcellen van het donorbloed samen en treedt hemolyse op.

Het resusantigeen kan problemen geven bij zwangerschap. Dit is het geval als een resusnegatieve vrouw zwanger is van een resuspositief kind (zie afbeelding 36). Door scheurtjes in de placenta kunnen rode bloedcellen van het kind in de bloedsomloop van de moeder terechtkomen. Vooral tijdens de bevalling kunnen lekken in de placenta ontstaan. De moeder maakt dan antiresus.

▼ **Afb. 36** Het ontstaan van een resuskindje (schematisch).



1 bij de eerste zwangerschap en geboorte

2 tussen de eerste en tweede zwangerschap

3 bij de tweede en volgende zwangerschappen

Voor het eerste kind heeft dat geen gevolgen. Na de eerste bevalling bevat het bloed van de moeder echter antiresus. Als bij een volgende zwangerschap het kind weer resuspositief is, kan er antiresus uit het bloed van de moeder door de placenta in het bloed van het kind terechtkomen. Er kunnen dan rode bloedcellen van het kind samenklonteren en er kan hemolyse optreden. Een kind bij wie deze verschijnselen optreden, wordt een **resuskindje** genoemd.

Bij een resusnegatieve moeder wordt, direct na de geboorte van een resuskind, antiresus ingespoten. Als er dan rode bloedcellen met resusantigeen van het kind in het bloed van de moeder terecht zijn gekomen, klonteren deze door het ingespoten antiresus meteen samen en worden ze afgebroken. Het afweersysteem van de moeder zal de resusantigenen van het kind niet waarnemen, waardoor het zelf geen antiresus en geheugencellen maakt. Het ingespoten antiresus wordt na verloop van tijd afgebroken.

Als een resuspositieve moeder zwanger is van een resusnegatief kind, zijn er geen problemen. Het kind kan tijdens de eerste maanden nog geen antistoffen maken.

opdrachten

- 30** Een 12-jarige jongen heeft nog nooit een bloedtransfusie gehad. Deze jongen heeft bloedgroep A Rh⁻.
- a** Bevat het bloed van deze jongen antiresus? Leg je antwoord uit.
 - b** Kan bij een bloedtransfusie bloed van deze jongen worden gegeven aan een patiënt met bloedgroep A Rh⁺? Leg je antwoord uit.
- 31** Het resusantigeen kan problemen geven bij zwangerschap.
- a** Wanneer gaat een resusnegatieve vrouw die zwanger is van een resuspositief kind antiresus maken?
 - b** Als een resusnegatieve vrouw zwanger is van een resuspositief kind, levert dat de eerste keer geen problemen op. Leg uit waardoor niet.
 - c** Een resusnegatieve moeder krijgt na de geboorte van een resuspositief kind antiresus ingespoten.
Met welke vorm van immunisatie is dit te vergelijken?
 - d** Waardoor maakt deze moeder na immunisatie zelf geen antiresus?
- 32** Wanneer een moeder met bloedgroep A zwanger is van een kind met bloedgroep B en moeder en kind dezelfde resusfactor hebben, zijn er geen problemen te verwachten.
Kunnen de antistoffen van het AB0-bloedgroepsysteem door de placenta heen? Leg je antwoord uit.

CONTEXT

Wetenschap

Varkensembryo met menselijke cellen

▼ **Afb. 37** Een varkensembryo met menselijke cellen.



Varkens worden vaak gebruikt als proefdieren, omdat ze genetisch en qua grootte niet veel van de mens verschillen. Varkenshartkleppen worden al vele jaren ingezet om menselijke hartpatiënten te helpen.

Het is wetenschappers nu ook gelukt menselijke cellen te kweken in een varkenslichaam. Als het ze ook lukt hele menselijke organen in een varkenslichaam te kweken, kan mogelijk ooit het tekort aan donororganen worden opgelost. Dan hoeven acceptoren in de toekomst mogelijk ook niet meer hun hele leven heftige immuunonderdrukkende medicijnen te slikken. In de verre toekomst gaat het mogelijk zo: een patiënt die een nieuwe alvleesklier nodig heeft, geeft een beetje huidweefsel af in het ziekenhuis. Hieruit kweekt men stamcellen. De stamcellen worden vermengd met een speciaal voor deze taak voorbereid varkensembryo. De menselijke stamcellen groeien in het varken uit tot een menselijke alvleesklier met lichaamseigen cellen. De alvleesklier kan dan probleemloos naar de patiënt worden getransplanteerd.

Dat dit geen sciencefiction is, blijkt uit een recent onderzoek, waarbij een Japans onderzoeksteam een muizen-alvleesklier heeft gekweekt in het lichaam van een rat. Alvleesklierencellen (eilandjes van Langerhans) werden daarna getransplanteerd in muizen met diabetes. De bloedsuikerspiegel van de muizen herstelde zich. Transplantatieafstotingsverschijnselen traden niet op.

opdrachten

- 33 Xenotransplantatie is het transplanteren van dierlijke organen naar mensen.
 - a Het kabinet vindt (in navolging van de Gezondheidsraad) xenotransplantatie ethisch aanvaardbaar.
Wat wordt hiermee bedoeld?
 - b Wat vind jij van xenotransplantatie? Beargumenteer je mening.
 - c Geef met het oog op dierenwelzijn een argument tegen de toepassing van dieren voor het maken van menselijke organen.
- 34 Sommige onderzoekers zijn erg enthousiast over de techniek om organen te produceren met behulp van dieren.
 - a Geef een argument dat pleit voor verder onderzoek naar deze techniek.
 - b Geef een argument dat pleit tegen verder onderzoek naar deze techniek.
 - c Welke genetische modificatie zou de kans op afstotingsreacties van bijvoorbeeld een varkenshart kunnen verkleinen? Betrek in je antwoord de term HLA-systeem.



Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.

- Doe online de verrijkingsstoffen, flitskaarten en Test Jezelf.
- Ga in het boek verder met de Samenhang en de Examentrainer.

Leerdoelen

- Je kunt de rol van de darmen bij de ontwikkeling van het afweersysteem toelichten voor verschillende organisatieniveaus van de biologie.
- Je kunt de biologische vakvaardigheden evolutionair, ecologisch en vorm-functiedenken toepassen op de rol van de darmen bij de ontwikkeling van het afweersysteem.

Poep, het meest veelzijdige medicijn

Een hapje poep. Wie is er niet groot mee geworden? En of dit al niet onsmakelijk genoeg is, ziet het er ook nog eens naar uit dat poep een veelgebruikt medicijn gaat worden.

Je darmbacteriën spelen een belangrijke rol bij de ontwikkeling van je afweersysteem. Vlak voor je geboorte waren je darmen nog leeg, maar tijdens de bevalling is die steriele darm besmet met poepbacteriën en vaginale bacteriën van je moeder die via je mond zijn binnengekomen. Doordat de meeste darmbacteriën in een zuurstofloze (anaerobe) omgeving groeien en jouw babydarm was gevuld met zuurstof, gingen veel van die bacteriën dood. De bacteriële celwanden werden opgenomen door je darmwand en gebruikt om jouw afweersysteem onderscheid te leren maken tussen wat lichaamseigen of juist lichaamsvreemd was. De bacteriële antigenen zorgden er zodoende voor dat jouw prille afweersysteem deze goede darmbacteriën leerde kennen en ze niet meer aanviel. Deze aangeleerde tolerantie is onderdeel van het aangeboren afweersysteem.

MICROBIOTA

In je darmen is het voortdurend oorlog en vrede. In darmen komen achthonderd tot duizend verschillende bacteriën en evenzoveel virussen voor. Deze ecologische gemeenschap, de microbiota, helpt bij het bestrijden van ziekmakende bacteriën die vanuit de darm je lichaam proberen binnen te dringen.

De samenstelling van de microbiota heeft een grote invloed op je gezondheid. Bij darminfecties en chronische darmontstekingen, zoals de ziekte van Crohn of colitis ulcerosa, is de gezonde darmflora niet in staat om de ziekmakende bacteriën te verdringen. Een poeptransplantatie kan dan dé oplossing zijn. Bij deze behandeling wordt de oorspronkelijke darmflora vervangen door die van een gezonde donor.

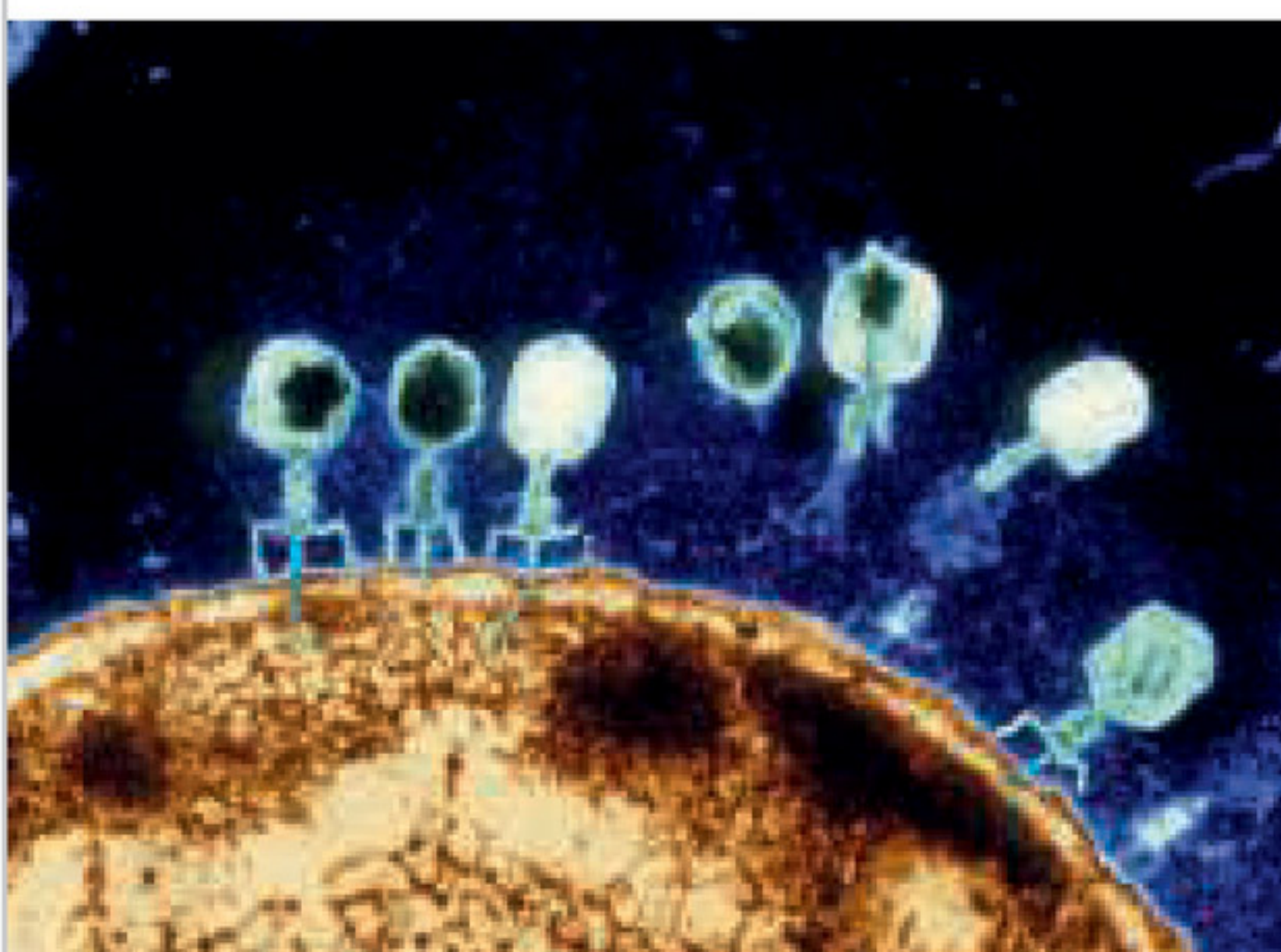
POEPTRANSPLANTATIE

De eerste poeptransplantatie vond plaats in 1958. Toen werd een darminfectie, veroorzaakt door de bacterie *Clostridium difficile*, succesvol behandeld. Deze gevaarlijke bacterie kan een hardnekkige infectie veroorzaken die gepaard gaat met ernstige diarree. Alleen al in de Verenigde Staten veroorzaakt deze bacterie jaarlijks zo'n veertienduizend sterfgevallen. Behandeling met antibiotica is in nog maar 25% van de gevallen effectief. Poeptransplantaties blijken een stuk effectiever: in 90% van de gevallen verdrijft een gezonde darmflora de *Clostridium difficile*-infectie.

Poeptransplantaties lijken de toekomst te hebben. Voor veel succesvolle transplantaties is nog wel standaardisatie van de procedures nodig. Ook die ontwikkeling is nu in volle gang: aan de Universiteit van Guelph in Canada zijn onderzoekers erin geslaagd de belangrijkste bacteriën uit poep van een gezonde donor te isoleren en te vermeerderen. Als je die mix van geïsoleerde bacteriën toevoegt aan een vloeistof, krijg je een soort probioticadrinkje dat je kunt drinken als medicijn. Een gezond poepdrinkje dus.

Organisatie-niveau	Begrip
Biosfeer	-
Ecosysteem	
Populatie	
Organisme	
Orgaanstelsel	-
Orgaan	
Cel	
Molecuul	

▼ **Afb. 1** Bacteriofagen injecteren viraal DNA in een *E. coli*-bacterie (TEM).



opdrachten

- 1 Neem de tabel over en vul begrippen uit de tekst in bij het juiste organisatieniveau.
- 2 Als een natuurlijke bevalling voor de moeder of de baby levensbedreigend is, komen baby's ter wereld via een keizersnede. Bij een keizersnede wordt een operatieve snede in de buikwand van de moeder gemaakt. Leg uit dat een keizersnede minder gunstig kan zijn voor de opbouw van het afweersysteem van een baby dan een natuurlijke bevalling.
- 3 Vooral ouderen raken na een antibioticumbehandeling in het ziekenhuis of zelfs in de behandelkamer van de dokter besmet met *Clostridium difficile*. Geef daarvoor een verklaring.
- 4 De behandeling van *Clostridium difficile* met antibiotica is in slechts 25% van de gevallen effectief, doordat de bacteriën resistent zijn geworden tegen antibiotica. Leg uit hoe een bacteriepopulatie resistent kan worden tegen antibiotica.
- 5 Leg uit dat poeptransplantatie ook nadelen kan hebben voor de gezondheid van een patiënt.
- 6
 - a Een antibioticumkuur kan ervoor zorgen dat het uiteindelijk slechter gaat met de patiënt en dat diarreeklachten ontstaan. Leg dat uit.
 - b Als patiënten naast de antibioticumkuur ook probiotica kregen toegediend, werden diarreeklachten verlicht of tegengegaan. Een probioticum is een voedingsmiddel waaraan 'goede' micro-organismen zijn toegevoegd die de gezondheid bevorderen. Wat zou een voordeel van probiotica boven poeptransplantatie kunnen zijn?
- 7 Afbeelding 1 is een elektronenmicroscopische foto van bacteriofagen. Een bacteriofaag is een virus dat bacteriën injecteert met DNA. Daardoor vermenigvuldigt het virus zich in de bacterie en gaat de bacterie dood. Bacteriofagen komen ook voor in de darmen van een mens. Leg uit dat de bacteriofaag een ideale vorm heeft voor zijn manier van vermenigvuldigen. Geef twee voorbeelden.
- 8 De meeste darmbacteriën zitten in de dikke darm en zijn betrokken bij de spijsvertering. Ze bezitten enzymen die onverteerbare vezels kunnen afbreken. Een deel van deze verteringsproducten wordt door de darm opgenomen.
 - a Welke vorm van symbiose bestaat er tussen de mens en de darmbacterie die betrokken is bij de spijsvertering? Leg je antwoord uit.
 - b Er zijn aanwijzingen dat sommige bacteriesoorten efficiënter voedingsmiddelen afbreken dan andere. Heeft een persoon met efficiënte bacteriën een grotere kans om dikker te worden of juist slanker? Leg je antwoord uit.

practicumopdracht 1

MATERIAAL

- Modelleerprogramma Coach 6 (of hoger) op computer
- een model van een epidemie (epidemie.cmr, te vinden op de methodesite)

Practica

Modelleren van een epidemie met Coach

► BASISSTOF 3

Zowel bij de mens als bij veel dier- en plantensoorten kan soms een epidemie optreden. Afhankelijk van de besmettelijkheid en de virulentie (ziekmakende kracht) van een bacterie of virus en de mate van immuniteit van mens, dier of plant zal zo'n epidemie veel of weinig slachtoffers maken en dan uitdoven. In deze practicumopdracht onderzoek je de ontwikkeling van een epidemie met behulp van een computermodel.

ONDERZOEKSVRAGEN

- Hoe ontwikkelt zich een populatie onder invloed van een epidemie van een erg besmettelijke bacterie of virus met een hoge virulentie, waarbij weinig immuniteit optreedt?
- Hoe verandert de situatie onder invloed van lagere besmettelijkheid, lagere virulentie of meer immuniteit?

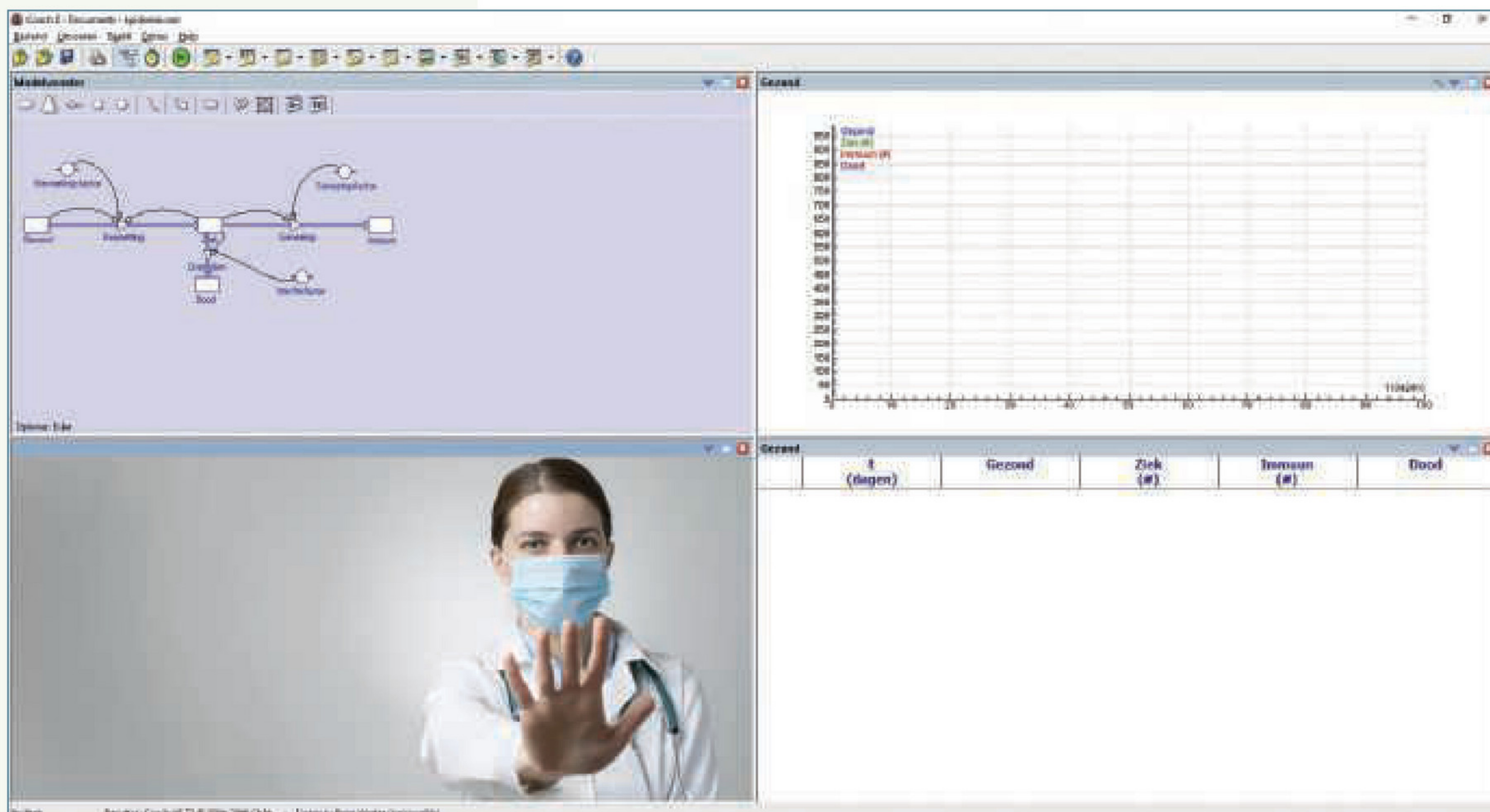
HYPOTHESE

Als een bacterie of virus heel besmettelijk en heel virulent is en er weinig immuniteit is bij de organismen in de populatie, zal een epidemie heel veel slachtoffers maken en dan uitdoven.

METHODE EN RESULTAAT

- Ga naar het modelleergedeelte van het computerprogramma Coach en open het model epidemie.cmr.
- Onderzoek het model. Je ziet vier groepen: gezond, ziek, immuun en dood.

▼ **Afb. 1** Model epidemie.cmr.



- 1 Dubbelklik op de vier groepen. Welke aantallen zie je aan het begin?
- 2 Bepaal de waarden van de besmettingsfactor (besmettelijkheid van een bacterie of virus), de sterftefactor (virulentie van bacterie of virus) en de genezingsfactor (kans om immuun te worden) door te dubbelklikken op deze drie variabelen. Verklaar wat de gevonden waarden inhouden.
- 3 Voorspel wat er zal gebeuren.
 - Laat het model het verloop van de epidemie gedurende honderd dagen doorrekenen door op de groene knop ‘start’ te klikken. In de grafiek en de tabel rechts op je scherm zie je de resultaten.
- 4 Noteer de resultaten. Verklaar de resultaten van de computerberekeningen.
- 5 Een epidemische ziekte kan ook minder besmettelijk of minder of helemaal niet dodelijk zijn.
Wat betekent dat voor de besmettingsfactor, voor de sterftefactor en voor de genezingsfactor?
 - Onderzoek wat er gebeurt als je in dit model:
 - a de besmettingsfactor verlaagt tot 0,0005;
 - b de sterftefactor verlaagt tot 0,01 of tot 0;
 - c de genezingsfactor verhoogt tot 0,5.Denk eraan na elke berekening de veranderde factor terug te zetten op de oorspronkelijke waarde.
- 6 Formuleer eerst een voorspelling over het verloop van de grafieken.
- 7 Test daarna wat er in het model gebeurt. Geef hiervan een korte beschrijving.
- 8 Leg uit waarom het belangrijk is na elke berekening de veranderde factor terug te zetten op de oorspronkelijke waarde.
- 9 Ebola of vogelpest maken heel veel slachtoffers.
Welke van de drie factoren is of zijn hiervoor verantwoordelijk?

CONCLUSIE

- 10 Beantwoord de onderzoeksvragen.
Is de hypothese juist?

DISCUSSIE

Beantwoord de volgende vragen.

- 11 Vind je dat zo’n model nuttig is, ook al is het een sterk vereenvoudigd beeld van de werkelijkheid?
- 12 Noem enkele zaken die in het model zijn weggelaten, maar die in de werkelijkheid wel een rol spelen.

Deze practicumopdracht kan worden uitgebreid. Vraag hiervoor de beschrijving aan je docent.

Samenvatting

LEERDOEL 1 ►► BASISSTOF 1

Je kunt de werking en functie van de huid bij de afweer van de mens beschrijven.

- Infectie: het binnendringen van ziekteverwekkers (pathogenen) in je lichaam.
- Inwendig milieu: deel van het lichaam dat pas kan worden bereikt nadat een celmembraan is gepasseerd.
- Uitwendig milieu: omgeving buiten het lichaam.
- Lichaamsvreemd: stoffen of cellen die niet in je lichaam thuishoren.
- Lichaamseigen: stoffen of cellen die door je lichaam worden gemaakt.
- De huid beschermt het lichaam tegen schadelijke invloeden uit het uitwendige milieu.
 - Slijmvliesen: zorgen er bij openingen in het lichaam voor dat ziekteverwekkers moeilijk kunnen binnendringen.
 - Melanocyten in de kiemlaag produceren pigment (melanine) dat beschermt tegen uv-straling.
- Mechanische afweer: fysieke aanpassingen om indringers buiten te houden.
 - Bijv. de huid en de slijmvliesen.
- Chemische afweer: het gebruik van stoffen om indringers buiten te houden.
 - Bijv. zoutzuur in maagsap doodt bacteriën.

LEERDOEL 2 ►► BASISSTOF 1

Je kunt de afweermechanismen van planten herkennen.

- Planten beschermen zich tegen vraat of infecties door:
 - mechanische afweer, bijv. haren, stekels en doornen;
 - chemische afweer, aanmaak van stoffen die onsmakelijk of dodelijk zijn;
 - indirecte afweer, aanmaak van stoffen die de natuurlijke vijand van de belager aantrekken.

LEERDOEL 3 ►► BASISSTOF 2

Je kunt de vormen van aangeboren afweer beschrijven.

- Aangeboren afweer:
 - gericht tegen vele verschillende ziekteverwekkers (o.a. tegen bacteriën en lichaamsvreemde stoffen);
 - wordt bij infectie snel geactiveerd;
 - komt voor bij alle dieren en planten.
- Fagocytose: insluiting en vertering van ziekteverwekkers door fagocyten (macrofagen).
 - Fagocyten ontstaan uit stamcellen in het rode beenmerg en komen daarna in het bloed terecht.
 - Macrofagen kunnen koorts veroorzaken.
- Koorts: een verhoogde lichaamstemperatuur versnelt de afweerreacties van het lichaam.
- Antibiotica versterken tijdelijk de afweer van het lichaam.
 - Antibiotica zijn werkzaam tegen bacteriële infecties.

LEERDOEL 4 ►► BASISSTOF 2

Je kunt de vormen van verworven afweer beschrijven.

- Verworven afweer:
 - gericht tegen één type ziekteverwekker;
 - komt langzaam op gang;
 - alleen bij gewervelde dieren.
- Specifieke afweerreacties worden opgewekt door antigenen.
 - Antigenen zijn grote moleculen, meestal eiwitten.
 - Antigenen bevinden zich meestal op celmembranen.
 - Herkennen van antigenen gebeurt door specifieke receptoreiwitten.
- Lymfocyten zorgen voor specifieke afweerreacties.
 - Lymfocyten ontstaan uit stamcellen in het rode beenmerg.
 - In het beenmerg ontwikkelen zich B-lymfocyten; in de thymus T-lymfocyten. Hierna komen de lymfocyten vooral terecht in de lymfeknopen en de milt.
- Lymfoïde organen: lymfeknopen, de milt, het beenmerg en de thymus.
- Macrofagen en andere witte bloedcellen kunnen een antigeen op hun celmembraan plaatsen. Ze worden dan antigeen-presenterende cellen genoemd.
- Activatie van lymfocyten:
 - T-lymfocyten delen zich na antigeen-presentatie veelvuldig. Er ontwikkelen zich T-cellen en T-geheugencellen.
 - T-cellen vernietigen geïnfecteerde lichaamscellen, kankercellen of getransplanteerde cellen.
 - Ook B-lymfocyten delen zich na antigeen-presentatie. Er ontwikkelen zich geactiveerde B-cellen en B-geheugencellen.
 - Geactiveerde B-cellen vormen antistoffen tegen antigenen.
 - Tegen een antigeen kunnen verschillende antistoffen worden gevormd.
- Antigeen-antistofcomplex:
 - Een antigeenmolecuul en een antistofmolecuul vormen een antigeen-antistofcomplex.
 - De ziekteverwekker wordt onschadelijk gemaakt, bijv. door aantasting van het celmembraan of door fagocytose.
- T-geheugencellen en B-geheugencellen.
 - Blijven inactief bij een eerste infectie.
 - Bij een volgende infectie herkennen ze het antigeen en volgt een snelle afweerreactie.

LEERDOEL 5 ►► BASISSTOF 3

Je kunt beschrijven op welke manieren immuniteit kan ontstaan.

- Incubatietijd: de tijd tussen besmetting en de eerste ziekteverschijnselen.
 - Primaire reactie: de antistofvorming na de eerste besmetting met het antigeen van de ziekteverwekker.

- Secundaire reactie: de antistofvorming na de tweede of volgende besmetting met hetzelfde antigeen. Organisme is immuun, geen symptomen.
- Natuurlijke immuniteit: ontstaat doordat een organisme wordt geïnfecteerd door een ziekteverwekker.
- Kunstmatige immuniteit: ontstaat door immunisatie.
 - Actieve immunisatie (vaccinatie): door inenting met een vaccin (dode of verzwakte ziekteverwekker). De persoon vormt zelf antistof en geheugencellen. De immuniteit is daardoor van langere duur.
 - Passieve immunisatie: door inspuiten van antiserum met antistoffen. De persoon vormt zelf geen antistof en geen geheugencellen. De immuniteit is tijdelijk, doordat de antistof wordt afgebroken en er geen geheugencellen worden gevormd.

LEERDOEL 6 ►► BASISSTOF 4

Je kunt beschrijven welke problemen door antigenen kunnen ontstaan bij transplantaties en bloedtransfusies.

- Transplantatie: aangetast weefsel of orgaan wordt vervangen.
 - Een acceptor ontvangt weefsel of orgaan van zichzelf of van een donor.
- Major Histocompatibility Complex (MHC), bij mensen Human Leukocyte Antigen (HLA):
 - eiwitten op celmembranen voor de herkenning van lichaamseigen en lichaamsvreemde cellen. Het HLA-systeem is voor iedere persoon uniek.
- Afstotingsreactie:
 - Eiwitten op de membranen van donorcellen worden door het afweersysteem van de acceptor herkend als antigenen.
 - Vooral door cellulaire afweer: T-cellen van de acceptor herkennen lichaamsvreemde HLA-antigenen en vernietigen donorcellen.
 - In sommige gevallen: antistofvorming die leidt tot zeer snelle afstoting (acute afstoting).
 - Bij transplantaties worden donoren gezocht van wie het HLA-systeem zo veel mogelijk overeenkomt met dat van de acceptor (HLA-matching).
 - Afstotingsreacties worden onderdrukt met medicijnen die het gehele afweersysteem onderdrukken.
- Bloedgroepen van het AB0-systeem:

Bloedgroep	Antigeen op celmembranen van rode bloedcellen	Antistof in bloedplasma
A	A	anti-B
B	B	anti-A
AB	A en B	geen
0 (nul)	geen A en B	anti-A en anti-B

- Bloedtransfusies:
 - Bij voorkeur heeft de donor dezelfde bloedgroep als de acceptor.
 - Rode bloedcellen klonteren samen als antistof van de acceptor reageert met antigeen van de donor. Rode bloedcellen gaan te gronde, waardoor hemoglobine vrijkomt in het bloedplasma (hemolyse).
 - Bloedgroep o is de algemene donor.
 - Bloedgroep AB is de algemene acceptor.
- Resusantigeen of resusfactor:
 - Eiwit op de celmembranen van de rode bloedcellen; komt voor bij 85% van de mensen.
 - Resuspositief bloed bevat resusantigeen.
 - Resusnegatief bloed bevat geen resusantigeen en kan antiresus bevatten.
- Bloedtransfusies:
 - Bij voorkeur heeft de donor dezelfde resusfactor (en dezelfde bloedgroep) als de acceptor.
 - Transfusie van resusnegatief bloed naar een resuspositieve acceptor is mogelijk.
- Resusnegatieve moeder die zwanger is van een resuspositief kind:
 - Na de bevalling vormt de moeder antiresus.
 - Tijdens de volgende zwangerschap(pen) worden rode bloedcellen van een resuspositief kind afgebroken (resuskindje).
 - Door toediening van antiresus aan de moeder onmiddellijk na de geboorte wordt de vorming van antiresus door de moeder tegengegaan.
- Resuspositieve moeder die zwanger is van een resusnegatief kind:
 - Er zijn geen problemen doordat het kind tijdens de eerste maanden nog geen antistoffen kan maken.

COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN

Je hebt de volgende vaardigheden geoefend:

- doelgericht zoeken en selecteren van informatie;
- analyseren welke rol het afweersysteem heeft in natuurwetenschappelijk onderzoek, beroepen en de dagelijkse praktijk;
- toepassen van verschillende fasen van natuurwetenschappelijk onderzoek;
- evalueren van een natuurwetenschappelijk onderzoek;
- geven van een beargumenteerde mening;
- herkennen/gebruiken van biologische en ethische argumenten;
- verklaren van afweermechanismen met behulp van evolutiemechanismen (evolutionair denken);
- met elkaar in verband brengen van delen van het afweersysteem op verschillende organisatieniveaus (systeemdenken).

Examentrainer

ZWARTE DOOD

Bron: examen havo 2016-2, vraag 22 tot en met 25.

Tijdens zijn vakantie in de Verenigde Staten bezoekt Wouter het Grand Canyon National Park. In een van de parkwachtershutten hangt een informatiebulletin over de pest. 'De pest komt toch al eeuwen niet meer voor?' zegt Wouter tegen de dienstdoende parkwachter. 'Toch wel,' antwoordt deze. 'Veel knaagdieren in verschillende staten zijn nog steeds drager van de ziekteverwekker van de pest.' Zou dat dezelfde zijn als de ziekteverwekker die in de middeleeuwen de Zwarte Dood heeft veroorzaakt, vraagt Wouter zich af? Op Wikipedia vindt hij de volgende informatie.

In de veertiende eeuw is ongeveer een derde van de Europeanen tijdens een epidemie aan de Zwarte Dood gestorven. De ziekteverwekker is *Yersinia pestis*, een bacterie die wordt overgedragen van knaagdieren, via vlooiën, op mensen. Symptomen in de eerste dagen na besmetting zijn rillerigheid en koorts. Als de infectie zich uitbreidt naar de lymfeklieren, zwellen deze op. Daarom wordt de ziekte ook wel builenpest genoemd. Bij tijdige behandeling, of als het afweersysteem de ziekte onder controle krijgt, verdwijnen deze builen en treedt genezing op. Indien de bacterie uit de lymfeklieren ontsnapt, kunnen organen zoals de longen worden aangetast of kan de bloedbaan geïnfecteerd raken.

Vlooiën bijten hun slachtoffers om bloed op te zuigen uit de haarvaten.

- 2p 1 In welke eigenschap verschillen haarvaten van aders en slagaders, waardoor haarvaten voor vlooiën geschikter zijn om bloed uit op te zuigen?
- A De bloeddruk in haarvaten is lager dan die in aders en slagaders.
 - B De stroomsnelheid van het bloed in haarvaten is lager dan die in aders en slagaders.
 - C De wand van haarvaten is dunner dan die van aders en slagaders.
 - D De zuurstofconcentratie in haarvaten is hoger dan die in aders en slagaders.

Sommige stoffen uit het opgezogen bloed worden in de darmen van de vlo enzymatisch verteerd zodat de vlo ze als bouwstof kan gebruiken. Vier stoffen of groepen van stoffen in het opgezogen bloed zijn: aminozuren, antistoffen, glucose en hemoglobine.

- 2p 2 Welke van deze stoffen moeten worden verteerd zodat de vlo ze als bouwstof kan gebruiken?
- A aminozuren en glucose
 - B aminozuren en hemoglobine
 - C antistoffen en glucose
 - D antistoffen en hemoglobine

De eerste dagen na besmetting is een patiënt rillerig en krijgt hij koorts.

- 2p 3 Is er een verband tussen de rillerigheid en de koorts van de patiënt? Zo ja, wat is dan het verband?
- A Ja, doordat de normwaarde in het temperatuurcentrum hoger is afgesteld dan normaal, treden er rillingen op waardoor de lichaamstemperatuur wordt verhoogd.
 - B Ja, doordat de normwaarde in het temperatuurcentrum lager is afgesteld dan normaal, treden er rillingen op waardoor de lichaamstemperatuur wordt verlaagd.
 - C Nee, er is geen verband tussen deze twee symptomen.

In tegenstelling tot in de middeleeuwen is tegenwoordig behandeling mogelijk als iemand met de pestbacterie is besmet. Indien de infectie de bloedbaan bereikt, treedt bloedvergiftiging op. Als er in dat stadium niet snel met een behandeling wordt gestart, overlijdt de patiënt binnen enkele dagen doordat vitale organen worden aangetast.

- 2p 4 – Verklaar waarom vaccinatie in dit geval geen zin heeft.
- Noteer een behandeling die in deze situatie wel geschikt is.

HPV-VACCINATIE

Naar: pilotexamen havo 2014-2, vraag 1 en 3 tot en met 5.

Elk jaar wordt bij zeshonderd vrouwen in Nederland de diagnose baarmoederhalskanker gesteld. Jaarlijks sterven ruim tweehonderd vrouwen aan deze vorm van kanker. Belangrijkste boosdoener is het humaan papillomavirus (HPV), dat wordt overgebracht via geslachtsgemeenschap. De Gezondheidsraad heeft berekend dat landelijke vaccinatie van 12-jarige meisjes tot een halvering van dit sterftecijfer kan leiden.

In de havoklas van Ruby wordt veel gepraat over het al dan niet meedoen met de vaccinatie. Ruby wil zich niet laten vaccineren. Ze vindt dat ze al vaak genoeg is ingeënt, bijvoorbeeld tegen de bof, mazelen, rodehond en polio.

- 2p 5 Waardoor biedt vaccinatie tegen een ziekte zoals mazelen, geen enkele bescherming tegen een andere infectieziekte, zoals rodehond? Gebruik in je antwoord de termen antigeen en antistof.

Op internet zoekt Ruby informatie over HPV en vindt het volgende: 'Vaak verloopt een HPV-infectie ongemerkt. De infectie wordt in de meeste gevallen door het afweersysteem ongedaan gemaakt. Soms kunnen in de baarmoederhals afwijkende cellen ontstaan. Meestal verdwijnen die afwijkende cellen weer, maar ze kunnen zich ook ontwikkelen tot baarmoederhalskanker. Het kan meer dan tien jaar duren voordat een HPV-infectie tot de ontwikkeling van kanker leidt.'

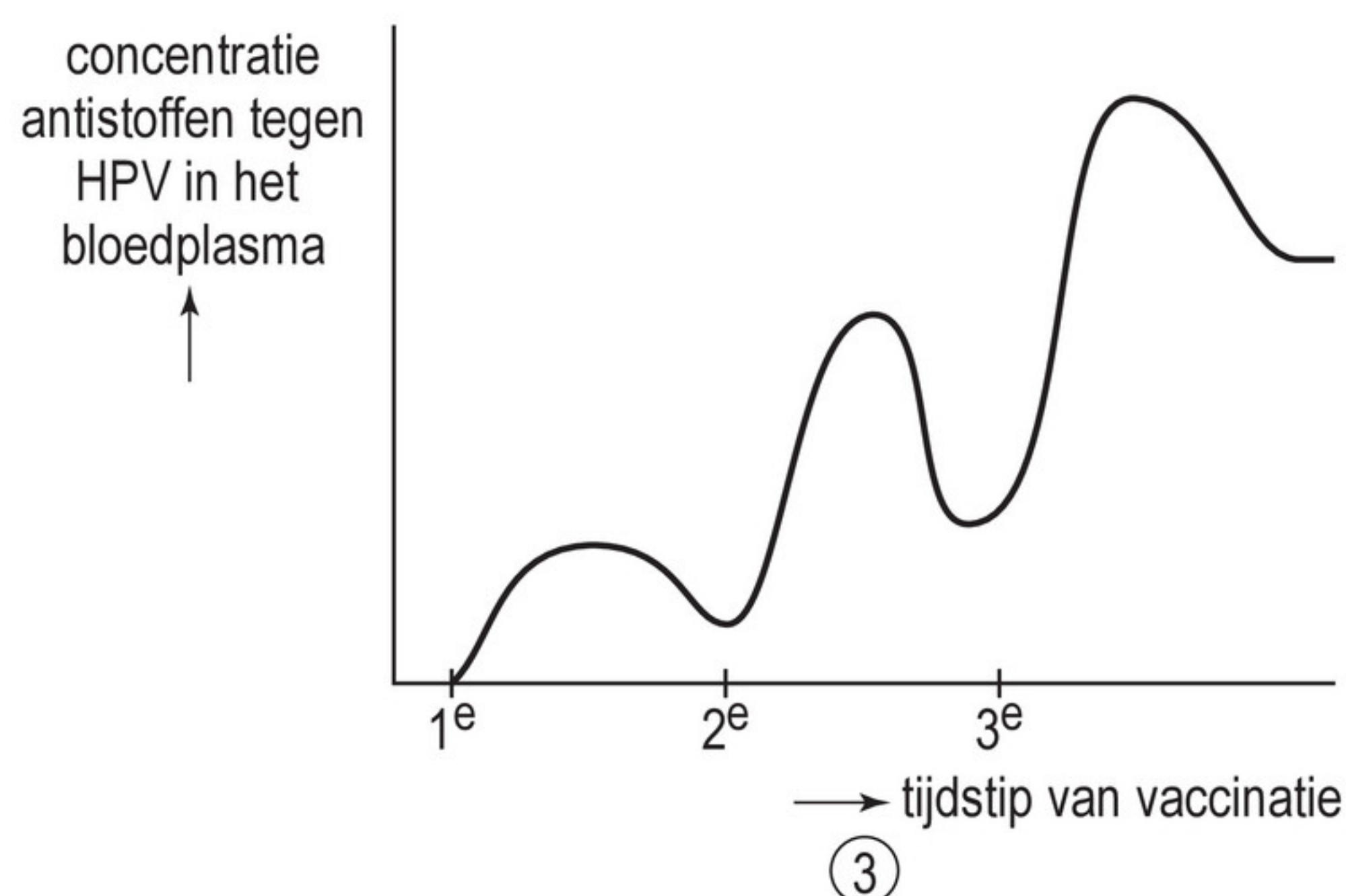
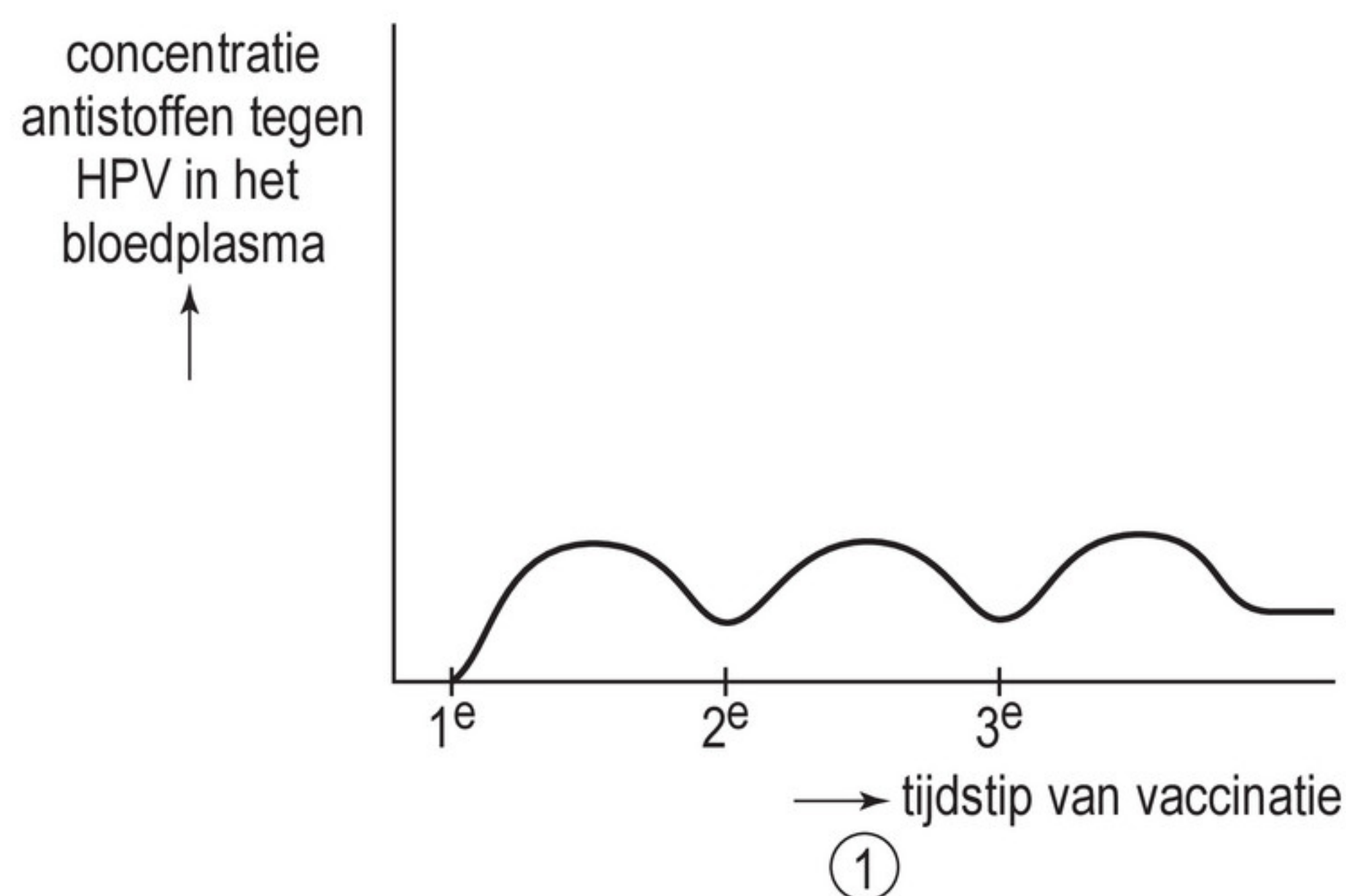
'Een infectie met HPV kan soms vanzelf weer genezen.'

Ruby vraagt zich af hoe dat kan.

- 2p 6 Hoe kan het best worden verklaard dat er dan geen geïnfecteerde cellen meer zijn?
- A De cellen die door het virus zijn geïnfecteerd, gaan door deze infectie dood.
 - B De cellen die het virus bevatten, zijn herkend door de specifieke afweer en vervolgens opgeruimd.
 - C De virussen buiten de cellen zijn allemaal door macrofagen opgeruimd.

Bij het vaccinatieprogramma van 2008 werd driemaal met hetzelfde type vaccin gevaccineerd. Een herhaling na de eerste vaccinatie vond minstens 21 dagen later plaats, maar niet langer dan drie maanden na de eerste injectie. De derde volgde een halfjaar na de eerste vaccinatie.

▼ **Afb. 1** Grafieken verloop concentratie antistoffen tegen HPV in het bloedplasma.



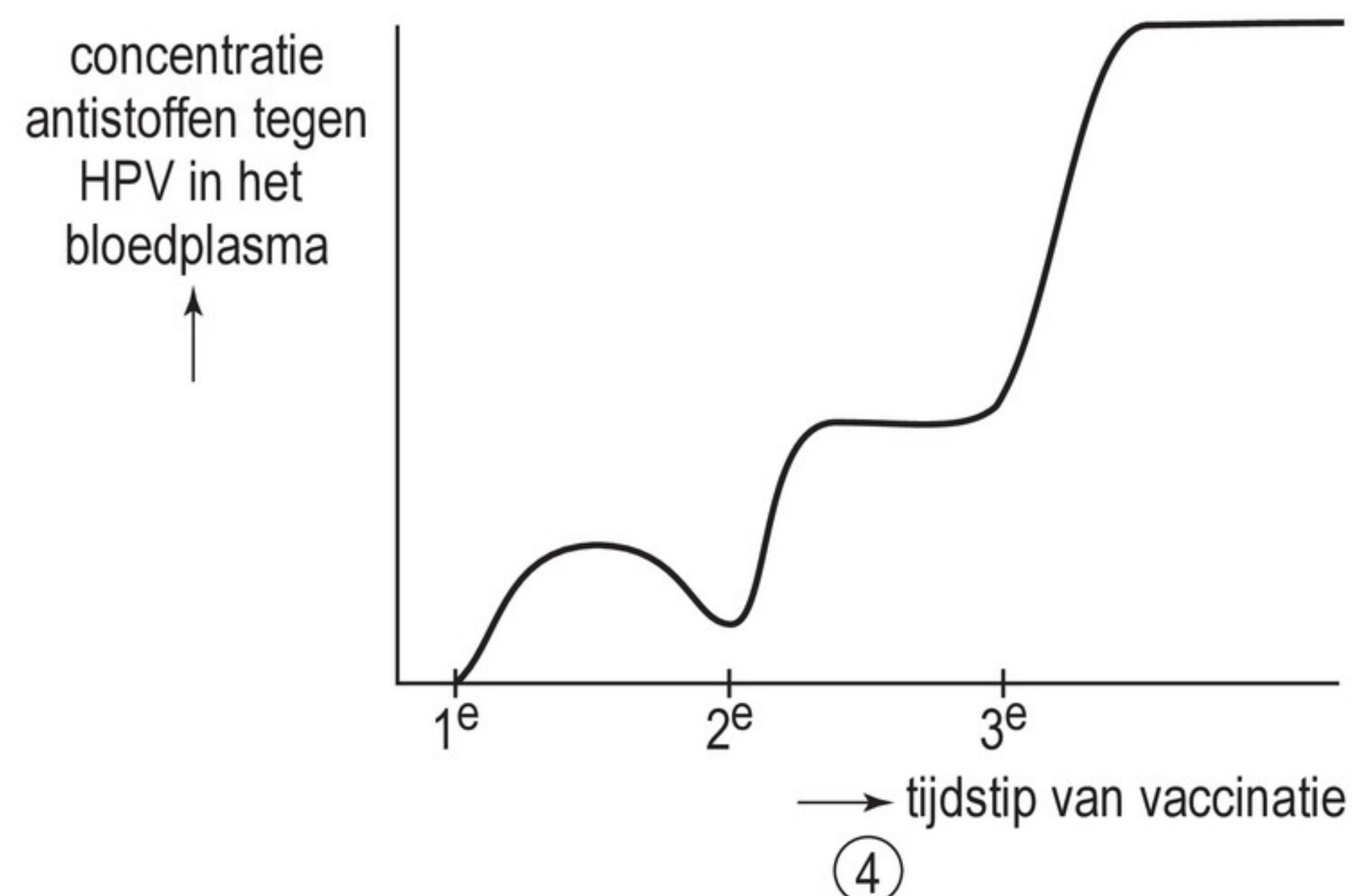
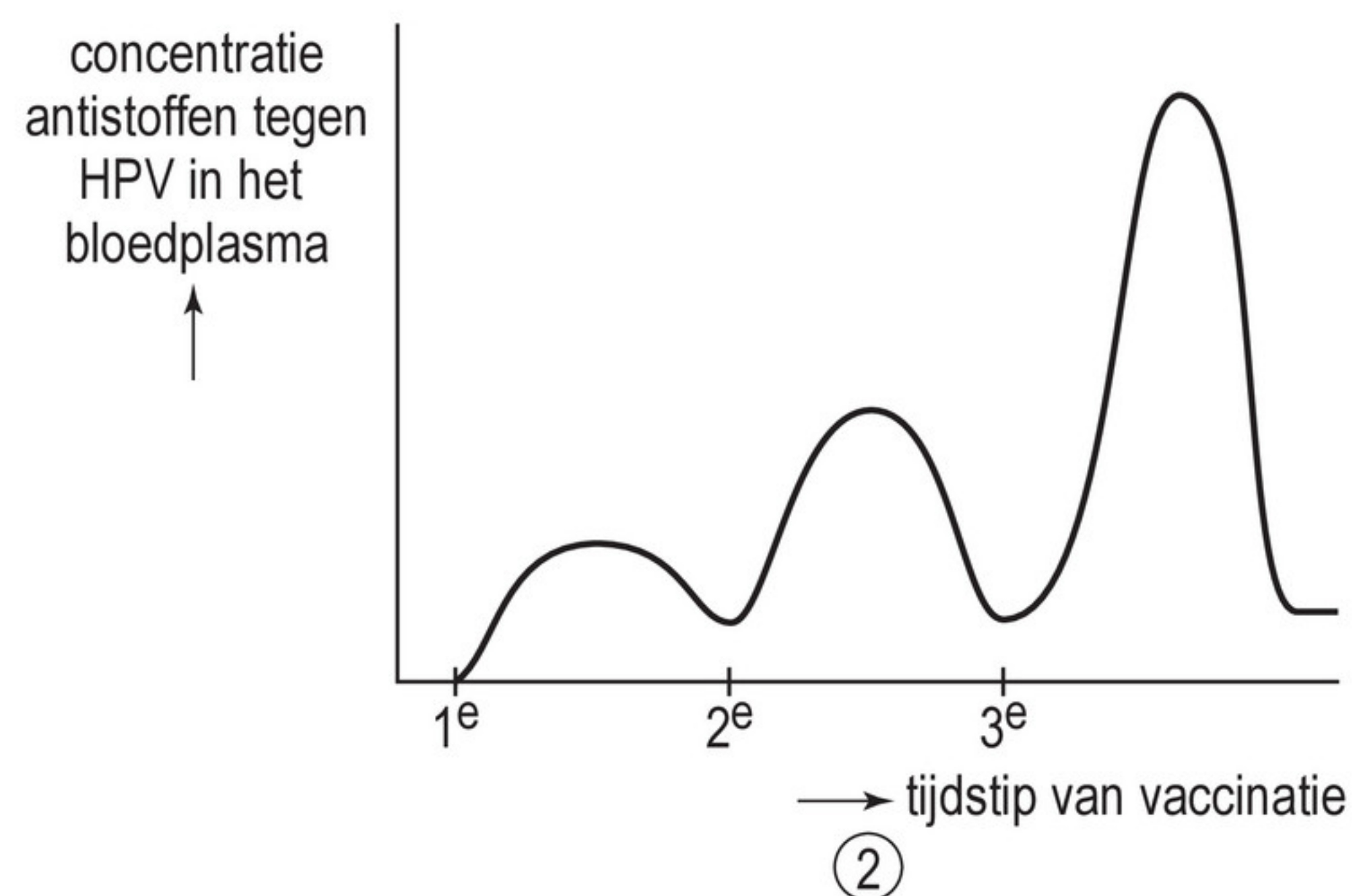
In de klas van Ruby laat de biologiedocent een grafiek zien van het verloop van de concentratie antistoffen tegen HPV in het bloedplasma na de eerste injectie. De grafiek stopt bij de tweede vaccinatie.

De docent vraagt de leerlingen de grafiek over te nemen. Op grond van hun kennis over de vorming van antistoffen bij vaccinaties tekenen ze het verdere verloop van de concentratie antistoffen in het bloedplasma na de tweede en derde vaccinatie. In afbeelding 1 zie je vier van de getekende grafieken.

- 2p 7 Welke leerling heeft het verloop van de concentratie antistoffen in het bloedplasma juist getekend?
- A leerling 1
 - B leerling 2
 - C leerling 3
 - D leerling 4

De Rijksoverheid roept tegenwoordig voor de HPV-vaccinatie alleen meisjes van 13 jaar op. In de klas ontstaat daarover een discussie. Ruby vindt het eerlijker om ook jongens van deze leeftijd tegen HPV te vaccineren.

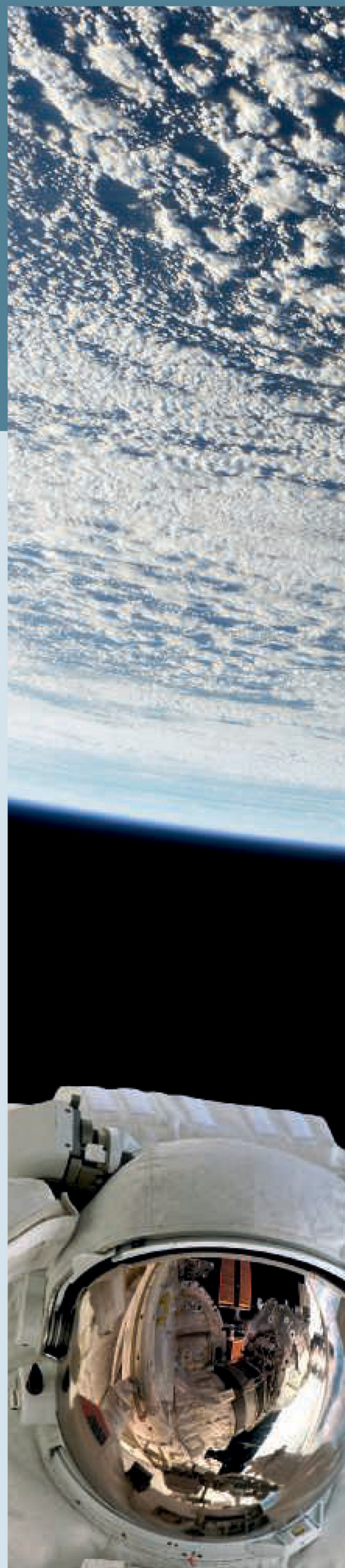
- 1p 8 Geef een biologisch argument dat ervoor pleit om ook jongens tegen HPV te vaccineren.



7 Samenhang van de biologie

Dit overzicht behandelt belangrijke onderwerpen uit de biologie vanuit verschillende organisatieniveaus (molecuul, cel, orgaan, organisme, populatie, ecosysteem, biosfeer). Zo leer je de samenhang kennen tussen verschillende biologische begrippen en processen. Hoewel het geen volledig overzicht is van de examenstof, helpt dit thema je wel om verbanden te leggen die bij het examen van pas kunnen komen.

1	Cellen, de basis van het leven	148
2	DNA en erfelijkheid	150
3	Organismen	152
4	De aarde als levend systeem	156





1 Cellen, de basis van het leven

Cellen zijn chemische fabriekjes waarin duizenden chemische reacties plaatsvinden. Zo kunnen bijvoorbeeld koolhydraten worden omgezet in vetten, of eiwitten in koolhydraten. Deze processen worden stofwisselingsprocessen genoemd, omdat de ene stof wordt omgezet in een andere stof.

STOFWISSELING

Er zijn twee typen stofwisselingsprocessen: assimilatieprocessen en dissimilatieprocessen. Beide processen vinden continu plaats in de cel.

Bij assimilatie worden organische moleculen opgebouwd uit kleinere (an)organische stoffen. De opgebouwde organische moleculen zijn nodig voor groei, vervanging en herstel, en voor de vorming van reservestoffen. Assimilatieprocessen kosten energie.

Bij dissimilatie worden organische moleculen afgebroken tot kleinere moleculen. Hierbij komt energie vrij. Die energie wordt onder andere gebruikt voor beweging en voor assimilatieprocessen. Ook komt er energie vrij in de vorm van warmte. Een belangrijk dissimilatieproces is de afbraak van glucose. Glucose kan worden afgebroken tot koolstofdioxide, water en energie. Deze afbraak kan plaatsvinden met zuurstof (aerobe dissimilatie of verbranding) of zonder zuurstof (anaerobe dissimilatie of gisting). Verbranding levert meer energie op dan gisting.

ENZYMEN EN ANDERE EIWITTEN

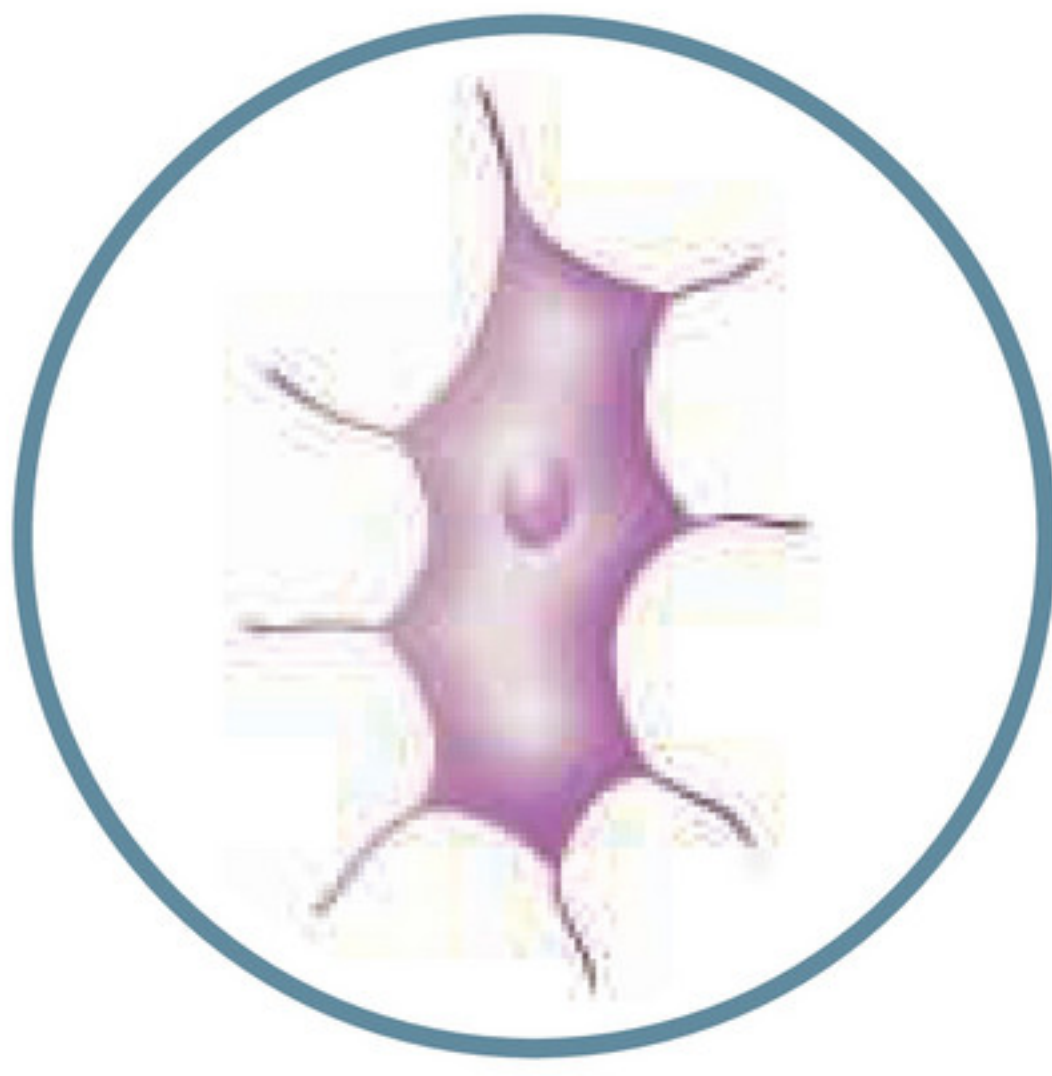
Eiwitten spelen een belangrijke rol binnen de cel en tussen cellen. Eiwitten zorgen voor structuur (cytoskelet, celmembraan), transport (hemoglobine, porie-eiwitten) en communicatie (hormonen, neurotransmitters). Daarnaast spelen eiwitten een rol bij biochemische omzettingen (enzymen).

Enzymen zijn eiwitten die chemische reacties in cellen versnellen zonder daarbij zelf te worden verbruikt. Er vinden honderden verschillende chemische processen plaats in een organisme en elk van die processen wordt gekatalyseerd door een specifiek enzym.

Enzymen hebben een optimumtemperatuur en een optimum-pH. Bij een temperatuur lager dan het optimum zetten enzymen het substraat minder snel om, bij een hogere temperatuur juist sneller. Boven de optimumtemperatuur verliezen enzymen hun specifieke ruimtelijke structuur (denatureren). Daardoor vermindert het aantal nog werkende enzymen. De totale omzetsnelheid neemt daardoor weer af. Door deze eigenschap van enzymen groeien planten bijvoorbeeld minder snel bij een lage temperatuur, en zijn koudbloedige dieren zoals kikkers trager in het voorjaar dan in de zomer.

In een organisme komen enzymen met verschillende optimum-pH's voor. In het verteringsstelsel van de mens komen enzymen voor met een optimum-pH van 6–7 (mond), 1–2 (maag) en 6–8 (darmen).

▼ **Afb. 1** Een cel: een beencel.



SOORTEN CELLEN

Veel organismen zijn eencellig. Complexere organismen, zoals planten en dieren, zijn meercellig. Hun lichamen bestaan uit veel gespecialiseerde cellen die samenwerken. Aan de basis van gespecialiseerde cellen staan stamcellen. Afhankelijk van de omstandigheden vormen ze bepaalde celtypen, weefsels en organen.

Hoewel er vele gespecialiseerde cellen zijn, delen alle cellen bepaalde eigenschappen. Zo is elke cel omgeven door een selectief-permeabel membraan dat de doorgang van stoffen tussen de cel en de omgeving regelt. Sommige stoffen diffunderen van een plaats met een hoge concentratie naar een plaats met een lage concentratie. Deze vorm van passief transport kost geen energie. Andere stoffen moeten actief door de cel worden opgenomen of uitgescheiden. Actief transport kost wel energie.

Nog een overeenkomstige eigenschap van cellen is dat elke cel de genetische informatie in het DNA gebruikt voor het maken van eiwitten.

CELDELING

Cellen zijn biologische eenheden die zich kunnen delen. Dit is nodig zodat organismen kunnen groeien of beschadigde delen kunnen herstellen.

Voordat een cel zich deelt, vindt eerst DNA-replicatie plaats. Daarna volgt de deling van de kern (mitose) gevolgd door de celdeling. Tot slot snoert de cel tussen de kernen in en ontstaan er twee nieuwe cellen: de moedercel en de identieke dochtercel.

Na de celdeling worden nieuw cytoplasma en organellen gevormd. Vervolgens vindt er opnieuw replicatie en mitose plaats. Dit proces van replicatie, deling en groei tot aan de volgende replicatie wordt de celcyclus genoemd.

2 DNA en erfelijkheid

In de natuur bestaan twee typen voortplanting: geslachtelijk en ongeslachtelijk. Bijna alle planten kunnen zich op beide manieren voortplanten. Veel dieren kunnen zich, net als de mens, alleen maar geslachtelijk voortplanten.

VOORTPLANTING

Bij ongeslachtelijke voortplanting worden dezelfde genen doorgegeven. Dit is vooral gunstig voor de soort onder gelijkblijvende omstandigheden. Geslachtelijke voortplanting leidt tot recombinatie, waardoor het nageslacht genetisch verschilt van de ouders. Dit is vooral gunstig onder veranderende milieuomstandigheden, omdat soorten zich dan sneller kunnen aanpassen.

CHROMOSOMEN EN GENEN

Elk mens ontstaat uit een eicel en een zaadcel. Elk van deze geslachtscellen bevat 23 chromosomen met DNA. Bij voortplanting komen deze chromosomen bij elkaar en zo ontstaat een nieuwe mens met unieke genetische eigenschappen.

Het erfelijk materiaal van de mens bestaat uit 23 paar chromosomen. De DNA-moleculen in deze chromosomen bestaan uit verschillende genen. Elk gen codeert voor één of meer erfelijke eigenschappen.

Het gen bestaat uit een willekeurige volgorde van vier verschillende nucleotiden, dat de informatie bevat voor de aanmaak van een of meer eiwitten.

In lichaamscellen komen chromosomen voor in paren en ligt de informatie voor een erfelijke eigenschap in een genenpaar. Een van de genen van een genenpaar wordt ook wel een allel genoemd. Bij twee gelijke allelen spreekt men van homozygoot, bij twee ongelijke genen van heterozygoot.

VAN DNA TOT EIWIT

Elk DNA-molecuul is opgebouwd uit vier verschillende stikstofbasen (nucleotiden). De volgorde van deze vier nucleotiden in het DNA bepaalt de code voor erfelijke informatie.

Voor de aanmaak van eiwitten wordt langs het gen een RNA-molecuul gemaakt. RNA bestaat uit een lange reeks van codons. Een codon bestaat uit drie nucleotiden en codeert voor één aminozuur (bouwsteen van een eiwit). De codonvolgorde van RNA wordt door een ribosoom afgelezen en vertaald in een eiwit. Hierbij koppelt het ribosoom de aminozuren aan elkaar tot een eiwit. Er komen bij mensen twintig verschillende aminozuren voor. Twaalf daarvan kan het lichaam zelf maken, de andere acht (de essentiële aminozuren) moeten in het voedsel aanwezig zijn.

Eiwitten kunnen honderden tot duizenden aminozuren lang zijn. Doordat de aminozuurvolgorde en lengte van elk type eiwit verschillend zijn, verschillen deze in eigenschappen.

Het startcodon AUG, dat codeert voor methionine, is het begin van elke aminozuurketen. De eiwitsynthese stopt wanneer een ribosoom een stopcodon bereikt. De functie van eiwitten wordt bepaald door de aminozuurvolgorde en de ruimtelijke structuur.

▼ **Afb. 2** Een molecuul: DNA.



GENEXPRESSIE

Elke cel van ons lichaam bevat hetzelfde DNA, maar een cel maakt slechts een klein aantal eiwitten.

Genen kunnen onder bepaalde omstandigheden worden aan- of uitgezet (genregulatie). Wanneer een gen aan staat, wordt de informatie van het DNA via het RNA en de ribosomen omgezet in een eiwit (genexpressie).

Het reguleren van de genexpressie maakt het voor cellen mogelijk om verschillende eiwitten (bijvoorbeeld enzymen) te produceren op het moment dat de cel ze nodig heeft. De genexpressie in een cel hangt af van de milieufactoren en de celfunctie. Soms wordt de invloed van het milieu op genexpressie overgeërfd, zonder dat daarbij het DNA verandert. Dit wordt bestudeerd in het vakgebied epigenetica.

MUTATIES EN TUMOREN

Mutaties zijn veranderingen in de nucleotidevolgorde van het DNA. Er zijn verschillende typen mutaties. Een puntmutatie is een verandering in één nucleotide-paar. Bij een genoommutatie verandert het aantal chromosomen in een cel, zoals bij het syndroom van Down.

Mutaties kunnen spontaan plaatsvinden of worden veroorzaakt door mutagene stoffen of mutagene straling (radioactieve straling, uv-straling of röntgenstraling). Het effect van mutaties is groot in geslachtscellen, in een bevruchte eicel of in een cel van een embryo. Mutaties in lichaamscellen hebben over het algemeen geen merkbare gevolgen.

Mutaties leiden vaak tot een verandering in vorm en functie van het eiwit. Daardoor kunnen bijvoorbeeld bepaalde stofwisselingsprocessen niet meer (goed) verlopen. Mutaties leiden niet tot merkbare gevolgen als een mutatie heeft plaatsgevonden in een uitgeschakeld gen, of als het triplet met de veranderde base nog steeds voor hetzelfde aminozuur codeert. Daarnaast heeft een mutatie in een eiwit geen gevolgen als de mutatie optreedt op een plaats die voor de werking onbelangrijk is.

Mutaties in lichaamscellen kunnen soms leiden tot tumoren (gezwellen). Een goedaardige tumor is een tumor die de bouw van het weefsel niet verstoort en waarvan er geen cellen loslaten die elders uitzaaiingen veroorzaken. Kwaadaardige tumoren (kanker) delen sneller dan goedaardig tumoren. Ze verstoren de bouw van het weefsel en veroorzaken uitzaaiingen (metastase). Naarmate de cel ouder is, neemt de kans op mutaties toe.

Mutaties kunnen echter ook een positief effect hebben op de overlevingskansen van het organisme. Ze spelen zo een belangrijke rol bij de evolutie. Door opeenvolgingen van mutaties, recombinatie en natuurlijke selectie kunnen soorten zich door de jaren heen aanpassen aan de omgeving.

DNA-MODIFICATIE

Met onze huidige kennis kunnen wetenschappers de erfelijke eigenschappen van organismen wijzigen. Hierdoor krijgt een organisme eigenschappen die het van nature niet bezit. Dit heet genetische modificatie.

Een voorbeeld van genetische modificatie is de recombinant-DNA-techniek. Hierbij wordt een gen van een bepaald organisme ingebracht in een ander organisme, vaak een bacterie. Dit kan doordat alle organismen dezelfde nucleotiden in het DNA hebben. Bacteriën met recombinant-DNA produceren eiwitten die kunnen worden gebruikt voor specifieke doeleinden, bijvoorbeeld om medicijnen te maken. Organismen waarbij het DNA is veranderd, heten transgeen of genetisch gemodificeerd organisme.

3 Organismen

De cellen van je lichaam zijn gegroepeerd in weefsels en organen. Elk orgaan in het lichaam heeft zijn eigen functie(s). Zo zorgen de organen van het verteringsstelsel ervoor dat voedingsstoffen worden opgenomen. De longen zorgen voor aanvoer van zuurstof en afvoer van koolstofdioxide.

HOMEOSTASE

Alle cellen in weefsels en organen hebben een continue stroom aan voedingsstoffen en zuurstof nodig. Daarnaast produceren ze afvalstoffen en warmte die moeten worden afgevoerd. Dit gebeurt met extracellulaire lichaamsvloeistoffen, zoals weefselvloeistof en bloed in de bloedvaten. Dankzij deze vloeistoffen krijgen cellen de stoffen die ze nodig hebben en worden de afvalstoffen afgevoerd. Het is voor cellen van levensbelang dat deze stoffen voortdurend worden aangevoerd en afgevoerd. Hersencellen bijvoorbeeld gaan dood als ze slechts enkele minuten geen zuurstof krijgen. Een verandering van de lichaamstemperatuur en pH kan de enzymwerking verstoren, waardoor bepaalde stofwisselingsprocessen minder optimaal verlopen. Een verlaging van de koolstofdioxidespanning kan leiden tot hyperventilatie.

Lichaamscellen functioneren het best wanneer het inwendige milieu van de mens zo veel mogelijk constant wordt gehouden. Dit wordt ook wel homeostase genoemd. Voor het reguleren van de homeostase worden allerlei waarden gemeten en vergeleken met de normwaarde, zoals de temperatuur, de hoeveelheid glucose en koolstofdioxide in het bloed en de zuurgraad. Hiervoor zijn het zintuigstelsel, het autonome zenuwstelsel en het hormoonstelsel verantwoordelijk.

Het handhaven van homeostase vindt meestal plaats door regelkringen met negatieve terugkoppeling, een controlemechanisme waarbij waarden op het juiste niveau worden gehouden. Hierdoor ontstaat een dynamisch evenwicht.

VERTERINGSSTELSEL

Het verteringsstelsel is een belangrijk orgaanstelsel waarmee het organisme voedsel kan opnemen. Dieren eten voedsel om organische moleculen en mineralen binnen te krijgen. Sommige organische moleculen kan het menselijk lichaam niet zelf maken. Deze moeten daarom in het voedsel voorkomen. Tot deze groep van essentiële voedingsstoffen behoren sommige aminozuren, vetzuren, vitaminen en mineralen.

Voor de mens is het doel van verteren om voedsel zo klein te maken dat het door de darmwand kan worden opgenomen. Voedsel komt via de mond het verteringsstelsel binnen en wordt daar door kiezen tot kleine stukjes vernalen. Daardoor neemt het oppervlak van het voedsel toe en kan het beter worden verteerd door enzymen uit het speeksel, de maag, de alvleesklier en de dunne darm. De maag produceert naast enzymen ook maagzuur, dat de meeste bacteriën uit het voedsel doodt. In de twaalfvingerige darm wordt onder andere gal aan de voedselbrij toegevoegd om vetten te emulgeren. Hierdoor neemt het oppervlak van de vetten toe, zodat enzymen beter bij het vet kunnen en het sneller wordt afgebroken.

De dunne darm heeft een groot oppervlak door een sterke plooïing. Hierdoor is de resorptie van voedingsstoffen groot. Resorptie is niet alleen een actief proces,

▼ **Afb. 3** Een orgaan: een bot.



maar kan ook selectief plaatsvinden. In de dikke darm wordt water geresorbeerd en vindt de productie van vitamine K door bacteriën plaats. De onverteerde voedselbrij verlaat het verteringsstelsel samen met veel darmbacteriën via de anus.

UITSCHIEDINGSORGANEN

Om de homeostase in stand te houden, worden stoffen uit je bloed verwijderd en buiten je lichaam gebracht. Zo scheidt de lever gal en ureum uit. De longen scheiden koolstofdioxide en water uit. De nieren scheiden onder andere water, ureum en mineralen uit, waardoor ze een belangrijke rol spelen in het handhaven van de osmotische waarde van het interne milieu. De huid scheidt mineralen en water uit, waardoor deze een belangrijke rol speelt in het handhaven van een constante lichaamstemperatuur.

BLOED

De aanvoer van stoffen naar en de afvoer van stoffen uit de cellen in het menselijk lichaam wordt verzorgd door hart en bloedvaten. De gesloten dubbele bloedsomloop bij mensen transporteert glucose vanuit de lever en spieren, en zuurstof vanuit de longen naar de cellen toe. Water en afvalstoffen van cellen passeren de nieren en longen en kunnen daar worden uitgescheiden.

Bloed bestaat uit verschillende componenten. Bloedplasma transporteert onder andere voedingsstoffen, afvalstoffen en hormonen. De witte bloedcellen spelen een belangrijke rol bij de afweer. Bloedplaatjes zijn nodig voor bloedstolling. Rode bloedcellen vervoeren zuurstof en koolstofdioxide via het eiwit hemoglobine. In hemoglobine zit ijzer, dat zuurstof kan binden. Ijzergebrek kan leiden tot vermoeidheidsverschijnselen, doordat het bloed te weinig zuurstof vervoert naar de cellen. Hierdoor kunnen cellen minder energie vrijmaken.

DE BLOEDVATEN

Het hart pompt het bloed via slagaders naar de organen. Omdat de druk hoog is, zijn de slagaders dik, stevig en elastisch. In organen vertakken de slagaders zich in steeds fijnere bloedvaten. De hoeveelheid bloed die door een weefsel of orgaan stroomt, kan in deze fijnere bloedvaten worden geregeld.

De slagaders vertakken zich uiteindelijk tot haarvaten, waarvan de wand uit één cellaag bestaat. De bloeddruk zorgt ervoor dat vocht met stoffen de haarvaten verlaat en als weefselvloeistof cellen voorziet van voedingsstoffen en zuurstof. In de haarvaten stroomt het bloed langzaam en wordt zuurstof losgekoppeld van hemoglobine. De zuurstofmoleculen diffunderen via de weefselvloeistof naar de cellen.

Bij dissimilatie in de cellen ontstaat koolstofdioxide, dat via de weefselvloeistof naar het bloed in de haarvaten diffundeert. Door osmotische druk wordt weefselvloeistof met daarin afvalstoffen weer opgenomen in de haarvaten of in het lymfesysteem.

Haarvaten herenigen zich tot aders. Hierdoor stroomt het bloed terug naar het hart. De wanden van aders zijn dunner en minder elastisch dan die van slagaders. De bloeddruk is lager en in veel aders bevinden zich kleppen die het bloed in één richting doorlaten.

De poortader is een bijzondere ader, omdat deze niet rechtstreeks van de darmen naar het hart gaat, maar naar de lever. Doordat in de darmwand resorptie van voedingsstoffen plaatsvindt, kan de samenstelling van het bloed in de poortader sterk variëren.

Een teveel aan glucose wordt in de lever omgezet in glycogeen. Hierbij speelt het hormoon insuline een belangrijke rol. Bij een laag glucosegehalte van het bloed wordt glucagon afgegeven waardoor glycogeen weer wordt omgezet in glucose die aan het bloed wordt afgegeven. Het bloed transporteert de hormonen van de alvleesklier die deze processen regelen. De lever en de alvleesklier vervullen zo een belangrijke functie in het constant houden van de glucosespiegel.

AFWEER

De huid is het grootste orgaan van de mens. De huid beschermt het lichaam tegen beschadiging, binnendringing van ziekteverwekkers en beschadiging van DNA door ultraviolette straling, uitdroging en oververhitting.

Het immuunsysteem beschermt het lichaam tegen binnengedrongen ziekteverwekkers. Het immuunsysteem kent twee vormen van afweer: aangeboren en verworven afweer. Bij de aangeboren afweer spelen fagocyten (granulocyten en macrofagen) een rol. Zij reageren snel op binnengedrongen ziekteverwekkers door ze te fagocyteren. Daarbij veranderen ze in een antigeen-presenterende cel. De aangeboren afweer is vaak niet afdoende. Aansluitend vindt een tweede type afweer plaats, waarbij lymfocyten een rol spelen. Deze wordt de verworven afweer genoemd.

De verworven afweer is langzamer, maar vaak erg efficiënt doordat afweer tegen een specifieke ziekteverwekker wordt opgebouwd. Hierbij biedt de antigeen-presenterende cel het antigeen van de ziekteverwekker aan een T- en B-lymfocyt aan. De T- en B-lymfocyt worden hierbij geactiveerd. Sommige geactiveerde T-cellen ruimen geïnfecteerde cellen op en andere ontwikkelen zich tot T-geheugencellen. Geactiveerde B-cellen vormen antistoffen en andere ontwikkelen zich tot B-geheugencellen tegen de specifieke binnendringer.

T- en B-geheugencellen worden direct geactiveerd bij een volgende infectie met dezelfde ziekteverwekker, waardoor je immuun voor de ziekte bent geworden (natuurlijke immuniteit).

Actieve immunisatie (kunstmatige immuniteit) wordt verkregen met een vaccin en passieve immunisatie met een antistof.

Afstotingsverschijnselen bij transplantatie worden voornamelijk veroorzaakt door geactiveerde T-cellen.

WAARNEMEN

Prikkels zijn invloeden uit het milieu op een organisme. Zintuigcellen zetten prikkels om in impulsen. Voorbeelden van zintuigcellen zijn lichtreceptoren in de ogen, waarmee je kunt zien, en smaakreceptoren in de tong, waarmee je kunt proeven. Zenuwcellen geleiden en verwerken impulsen.

Dankzij de zintuigcellen kunnen we onze omgeving waarnemen. Als je bijvoorbeeld een warme pan vasthoudt, wordt deze prikkel door pijnzintuigcellen omgezet in impulsen. Deze impulsen worden via de sensorische zenuwcellen naar de hersenen gestuurd. In de hersenschors wordt deze informatie in gevoelscentra geïnterpreteerd als pijn. Je hersenen sturen vervolgens vanuit de bewegingscentra impulsen naar motorische zenuwcellen die de spieren van je vingers controleren, waardoor je de pan loslaat.

Als je echter een heel hete pan vasthoudt, wordt de prikkel ook omgezet in een impuls, maar gaat deze via het ruggenmerg direct naar je spieren van de vingers, waardoor je in een reflex de pan loslaat. Een fractie van een seconde later voel je de intense pijn. De impuls is nu gearriveerd in het gevoelscentrum van je hersenen. Als je vervolgens een pijnstiller inneemt, worden de impulsen bij de synaptische spleet geblokkeerd. Je neemt dan geen pijn meer waar.

Als je met een elektrode de impulsen van de sensorische zenuw in beide gevallen zou meten, dan zou in de situatie met de heel hete pan de frequentie van de impulsen hoger zijn dan in de situatie met de warme pan. De hoogte van de impuls (amplitude) zou gelijk zijn.

AUTONOME ZENUWSTELSEL

Het autonome zenuwstelsel bestaat uit het orthosympatische deel en het parasympatische deel. Samen zorgen ze voor homeostase. Elk orgaan is verbonden met een orthosympatische en een parasympatische zenuw.

Het orthosympatische deel maakt het lichaam klaar voor actie door de verbranding te bevorderen, de frequentie van hartslag en ademhaling te verhogen, de bloedvaten en de bronchiën te verwijden en de lever aan te zetten tot het vormen van glucose uit glycogeen. Het parasympatische deel brengt het lichaam in een toestand van rust en herstel. Het bevordert onder meer de bloedtoevoer naar het verteringsstelsel.

GEDRAG

Het zenuwstelsel, zintuigstelsel en hormoonstelsel zijn onmisbaar voor het gedrag van mens en dier. Door hun gedrag kunnen mensen en andere organismen hun overlevingskansen en voortplantingssucces vergroten.

Bij de meeste handelingen reageert een dier of mens op prikkels. De reactie van een dier op prikkels wordt de respons genoemd.

Een sleutelprikkel is een prikkel die een doorslaggevende rol speelt bij het veroorzaken van het gedrag. Een supranormale prikkel is een kunstmatige prikkel die een sterker gedrag opwekt dan de natuurlijke sleutelprikkel.

Gedrag wordt bepaald door verschillende leerprocessen en door erfelijke factoren (aangeboren gedrag of instinct). Aangeboren gedrag heeft als voordeel dat dieren al vanaf de geboorte het passende gedrag kunnen vertonen, bijvoorbeeld een pasgeboren vogel die zich verstopt voor een vos. Leerprocessen zorgen ervoor dat dieren en mensen zich kunnen aanpassen aan veranderende omstandigheden. Daardoor vertonen ze beter aangepast gedrag, wat de overlevingskansen doet toenemen.

ZELFREGULATIE, ZELFORGANISATIE EN EMERGENTE EIGENSCHAPPEN

Biologische eenheden zoals organismen en cellen zijn in staat om zichzelf in stand te houden door zelfregulatie. Zelfregulatie vindt bijvoorbeeld plaats door herstel van schade en door verdediging tegen indringers en schadelijke stoffen. Om in leven te blijven, moeten organismen ademen, zich voeden en zich aanpassen aan hun omgeving. Dieren moeten zich verplaatsen om te overleven. Zelfregulatie komt ook tot stand door hormonen, door zenuwen, door zintuigen en via transport van stoffen.

Complexe zelfregulatie wordt mogelijk doordat biologische eenheden zichzelf organiseren. Door deze zelforganisatie zijn biologische eenheden in staat zichzelf te organiseren tot 'biologische eenheden van een hogere orde'. Daardoor ontstaan er nieuwe structuren: cellen kunnen zich bijvoorbeeld organiseren tot een weefsel (nieuwe structuur) en weefsels tot een orgaan (nieuwe structuur). Met deze nieuwe structuren ontstaan emergente eigenschappen, die op een lager niveau niet te zien zijn. Een bloedvatenstelsel (organenstelsel) bijvoorbeeld kan bloed rondpompen, een bloedcel (cel) of bloedvat (orgaan) kan dat niet.

▼ **Afb. 4** Een organisme: een grutto.



4 De aarde als levend systeem

Op een hoger organisatieniveau kun je organismen bestuderen op het niveau van populaties. Populaties leven in een ecosysteem. Alle ecosystemen samen vormen de biosfeer (het systeem aarde).

POPULATIES

Een populatie is een groep organismen van één soort die in een bepaald gebied leeft en zich onderling voortplant. Binnen een populatie bestaat er coöperatie (samenwerking) en concurrentie (competitie, strijd). Bij coöperatie kunnen organismen van elkaars aanwezigheid profiteren door bijvoorbeeld samen naar voedsel te zoeken of elkaar te waarschuwen voor roofdieren. Bij concurrentie gaat het bijvoorbeeld om voedsel of om het vinden van een partner voor de voortplanting.

Gedrag wordt bij veel dieren en mensen sterk beïnvloed door soortgenoten. Het gedrag van soortgenoten ten opzichte van elkaar wordt sociaal gedrag genoemd. Tot sociaal gedrag behoort onder andere gedrag dat de functie heeft om de rangorde binnen groepen vast te stellen. Ook speelt sociaal gedrag een rol bij de taakverdeling binnen groepen: wie verzorgt de kinderen, wie bewaakt het territorium? Samenleven in een groep vergroot de kans op overleven, doordat het zorgt voor bescherming en een grotere kans op het vinden van voedsel en op voortplanting.

Net als de gehele natuur zijn ook populaties aan verandering onderhevig. Ze kunnen groeien of krimpen. De verandering van populatiedichtheid wordt onder andere beïnvloed door predatie, parasitisme, ziekte en voedselconcurrentie. Door negatieve terugkoppeling ontstaat een biologisch evenwicht. Ook abiotische factoren hebben invloed op de populatiedichtheid. Bij langdurige droogte kan bijvoorbeeld een plas droogvallen, waardoor een populatie snoeken uitsterft. Veranderingen in de populatiedichtheid kunnen worden geanalyseerd door bepaling van vier grootheden: het geboortecijfer, het sterftecijfer, de immigratie en de emigratie.

ECOSYSTEMEN

Het ecosysteem is een van de hoogste (organisatie)niveaus om de biologie te bestuderen. Een ecosysteem is een begrensd gebied waarin wisselwerking plaatsvindt tussen organismen en de abiotische omgeving. Voorbeelden van ecosystemen zijn bossen, graslanden en koraalriffen.

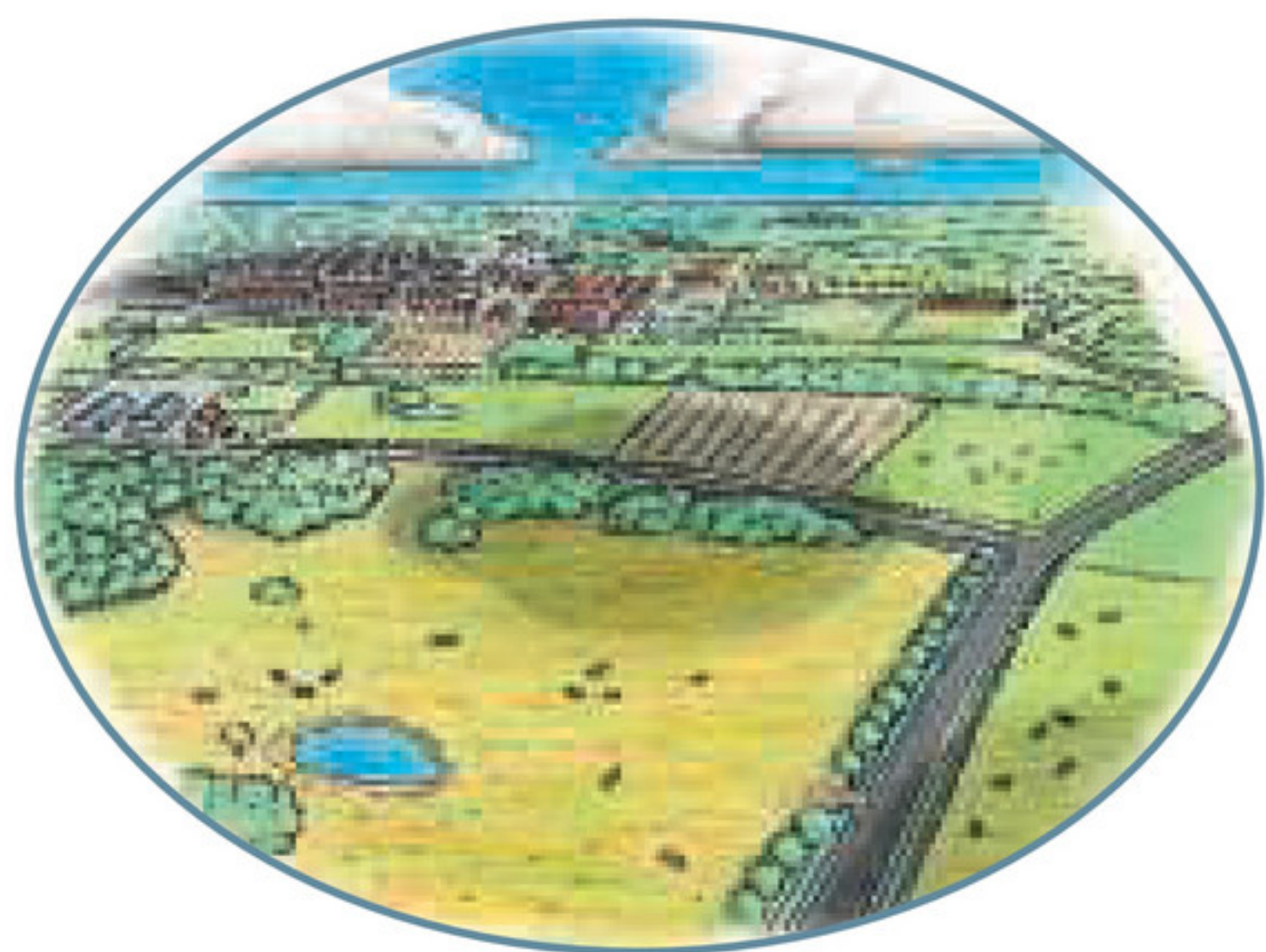
Ecosystemen bestaan uit verschillende soorten en populaties. Populaties concurreren met elkaar om de beschikbare hoeveelheid voedsel, ruimte of licht. Tussen verschillende soorten vindt interactie plaats. Als individuen van verschillende soorten langdurig samenleven, heet dit symbiose.

Er zijn drie vormen van symbiose: mutualisme, commensalisme en parasitisme. Bij mutualisme hebben beide organismen voordeel. Bij commensalisme heeft één organisme voordeel en het andere geen voor- of nadeel. Bij parasitisme heeft het ene organisme voordeel en het andere nadeel.

▼ **Afb. 5** Een populatie: grutto's.



▼ **Afb. 6** Een ecosysteem: weidegebied.



In een ecosysteem lopen meerdere voedselketens door elkaar. Dit wordt een voedselweb of voedselnet genoemd. Voedselketens beginnen met autotrofe organismen (voornamelijk planten), die producenten worden genoemd. De volgende schakels zijn heterotrofe organismen (dieren), die consumenten worden genoemd. Tot slot breken reducenten (bacteriën, schimmels) dode resten af tot anorganische stoffen die door producenten weer worden opgenomen.

Een piramide van biomassa geeft weer wat er aan stoffen en energie in elk trofisch niveau in een ecosysteem binnenkomt en wat eruit gaat. Een deel van de biomassa (chemische energie) wordt doorgegeven aan het volgende trofische niveau. Een ander deel van de biomassa wordt verbruikt bij verbranding, verdwijnt via de ontlasting of gaat verloren doordat het afsterft en vergaat. Hoe hoger het trofische niveau, hoe minder energie dit niveau bevat.

Ecosystemen veranderen voortdurend. Successie is de verandering van de soortensamenstelling van een levensgemeenschap, waardoor de levensgemeenschap geleidelijk overgaat in een andere. Successie begint met een pioniersecosysteem en eindigt met een climaxecosysteem. Een voorbeeld is een plas die dichtgroeit met waterplanten en ten slotte overgaat in een moerasbos. Tijdens successie is in het ecosysteem de productie van nieuwe weefsels groter dan de afbraak van weefsels. Hierdoor neemt de biomassa toe. Tijdens successie neemt de diversiteit aan soorten in een ecosysteem toe en begint de vegetatie gelaagdheid te vertonen. In het climaxecosysteem bereikt de biodiversiteit zijn maximale waarde. Voorbeelden zijn het tropisch regenwoud en het koraalrif.

MENS EN MILIEU

Ook mensen leven intensief samen met de natuur. Vanuit menselijk perspectief heet deze leefomgeving 'het milieu'. Omdat er zoveel mensen op aarde wonen, beïnvloeden we het milieu waarin we leven.

De mens gebruikt het milieu onder andere voor de productie van voedsel. Voor de verbouw van gewassen zijn water, koolstofdioxide en meststoffen nodig. In meststoffen zitten nitraat (stikstofbron), fosfaat (fosforbron) en zwavel, die de plant nodig heeft voor de aanmaak van onder andere eiwitten en genetisch materiaal. Doordat een land- of tuinbouwer bij elke oogst planten met daarin de mineralen van het land haalt, moet hij het land steeds opnieuw aanvullen door bemesting met mineralen.

Overbemesting kan leiden tot een toename van mineralen in het oppervlaktewater (eutrofiëring of vermesting). Door eutrofiëring kan waterbloei ontstaan. Bij dit verschijnsel breiden sommige soorten waterplanten (kroos, algen) zich enorm uit door toedoen van nitraat en fosfaat. Deze waterbloei zorgt voor minder licht in het water, waardoor veel waterplanten die onder water leven afsterven. Bij de afbraak van dit materiaal door reducenten wordt veel zuurstof verbruikt, waardoor in het water zuurstofgebrek ontstaat en veel dieren sterven. Dit leidt tot nog meer organisch afval en een sloot of meer waarin vrijwel geen leven meer voorkomt.

Grote stukken land met gewassen in monoculturen zijn gevoelig voor plagen. Plagen worden bestreden met chemische bestrijdingsmiddelen of biologische bestrijdingsmiddelen. Het voordeel van een chemisch bestrijdingsmiddel is dat het snel inzetbaar is en meteen resultaat levert. Nadelen zijn dat het niet-soortspecifiek is en leidt tot accumulatie en persistentie. Biologische bestrijdingsmiddelen leiden niet tot accumulatie of persistentie en zijn soortspecifiek. Een nadeel is dat het een tijd duurt voordat ze efficiënt de plaag stoppen.

▼ **Afb. 7** Biosfeer: systeem Aarde.



DE ATMOSFEER

Naast de bodem en het water vormt de atmosfeer een onderdeel van het abiotische milieu. In de atmosfeer komen verschillende gassen voor die een rol spelen in het leven op aarde.

Van nature bevat de atmosfeer broeikasgassen, zoals koolstofdioxide, waterdamp en methaan. Hierdoor is de gemiddelde temperatuur op aarde geen $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, maar $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dankzij broeikasgassen is er veel meer leven op aarde mogelijk.

Door menselijke activiteiten komen er steeds meer broeikasgassen in de atmosfeer terecht. Dit leidt mede tot het versterkte broeikaseffect, waarbij de atmosfeer meer warmte vasthoudt en de temperatuur op aarde stijgt. Door de temperatuurstijging zal een deel van het poolijs smelten en de zeespiegel stijgen. Ook zal het klimaat wisselvalliger worden. Dit kan van invloed zijn op de voedselvoorziening.

KRINGLOPEN

In organismen komen de elementen waterstof, zuurstof, koolstof en stikstof het meest voor. Als een organisme sterft, gaan deze elementen niet verloren, maar ondergaan een kringloop. Op die manier vormt de aarde één groot dynamisch systeem, waarin alle elementen onderling in interactie zijn.

Kringlopen beginnen steeds met de opname van mineralen uit de bodem en de binding daarvan aan een organisch molecuul.

DE KOOLSTOFKRINGLOOP

Koolstof komt in de lucht voor als koolstofdioxide. Via fotosynthese vormen planten hieruit glucose. Bij deze koolstofassimilatie wordt koolstof als anorganische stof opgenomen en ingebouwd in een organische stof. Koolstof kan door planten ook worden omgezet in andere organische stoffen, waaronder koolhydraten, vetten en eiwitten. Als planten worden gegeten, komen de koolstofatomen in heterotrofe organismen terecht. Deze koolstof kan vervolgens worden omgezet in andere organische stoffen, of via dissimilatie worden afgegeven aan de lucht als koolstofdioxide. Een deel verlaat het lichaam als uitwerpselen.

Als organismen doodgaan of lichaamsdelen (zoals haren) verliezen, worden de organische stoffen in dit afval door afvaleters, schimmels en heterotrofe bacteriën afgebroken. Hierbij komt koolstofdioxide vrij, dat wordt afgegeven aan de lucht. Autotrofe organismen kunnen dit koolstofdioxide dan weer opnemen.

DE STIKSTOFKRINGLOOP

Stikstof komt in organismen vooral voor in eiwitten en DNA. In de lucht komt gasvormig stikstof voor, in de bodem zit stikstof in ammonium-, nitriet- en nitraationen.

Planten nemen stikstof op uit de bodem in de vorm van nitraationen.

Vlinderbloemige planten hebben in hun wortels knolletjesbacteriën, die stikstof uit de lucht kunnen binden. Bij de stikstofassimilatie worden onder andere eiwitten gevormd. De anorganische stof stikstof wordt dan omgezet in een organische stof. Als een plant door een dier wordt gegeten, worden de plantaardige eiwitten afgebroken tot aminozuren en daarna omgezet in dierlijke eiwitten. Een ander deel wordt in het dier gedissimileerd, waarbij ammoniak vrijkomt. Bij mensen wordt ammoniak omgezet in ureum en uitgescheiden met urine.

Rottingsbacteriën zetten de afbraakproducten van eiwitten om in ammoniak. Ammoniak reageert met bodemwater tot ammonium. Ammoniumionen worden door nitriet- en nitraatbacteriën achtereenvolgens omgezet in nitriet- en nitraationen. Nitraationen worden door planten opgenomen.

EVOLUTIE

De eerste vier miljard jaar van het bestaan van de planeet Aarde waren er geen zichtbare levensvormen. Er leefden toen alleen eencelligen: eerst prokaryoten, waaruit zich door endosymbiose eukaryoten ontwikkelden. Eukaryote cellen ontwikkelden zich tot meercelligen. Na de vorming van planten nam het zuurstofgehalte in het water toe. Later ontwikkelden zich dieren, die weer later het land opgingen.

De drijvende kracht achter de evolutie vormt het DNA. Door mutaties in het DNA ontstaat er variatie in genotypen van organismen. Het best aangepaste organisme overleeft en kan zijn genen via de voortplanting doorgeven aan de volgende generatie. Zo weet de natuur zich voortdurend aan te passen aan de veranderende omstandigheden op onze levende planeet.

Olympiade

► VOORRONDE BIOLOGIE OLYMPIADE 2019, VRAAG 15 T/M 17

Sluit aan bij: T₄, BS₂

Het hart, normaal en afwijkend

- 7 Het hartminuutvolume (HMV) is de hoeveelheid bloed die per minuut door het hart gepompt wordt. Het hartminuutvolume is het product van het slagvolume en de hartslagfrequentie. Omdat het slagvolume moeilijk te meten is, wordt een andere manier gebruikt om HMV te berekenen:

$$\text{HMV} = \frac{Q}{(A-V)}$$

Q: het zuurstofverbruik (in mL/min)

A: de zuurstofconcentratie in het zuurstofrijke bloed (in mL/L)

V: de zuurstofconcentratie in het zuurstofarme bloed (in mL/L)

De onderstaande gegevens werden gemeten bij een gezonde persoon tijdens rust en tijdens inspanning.

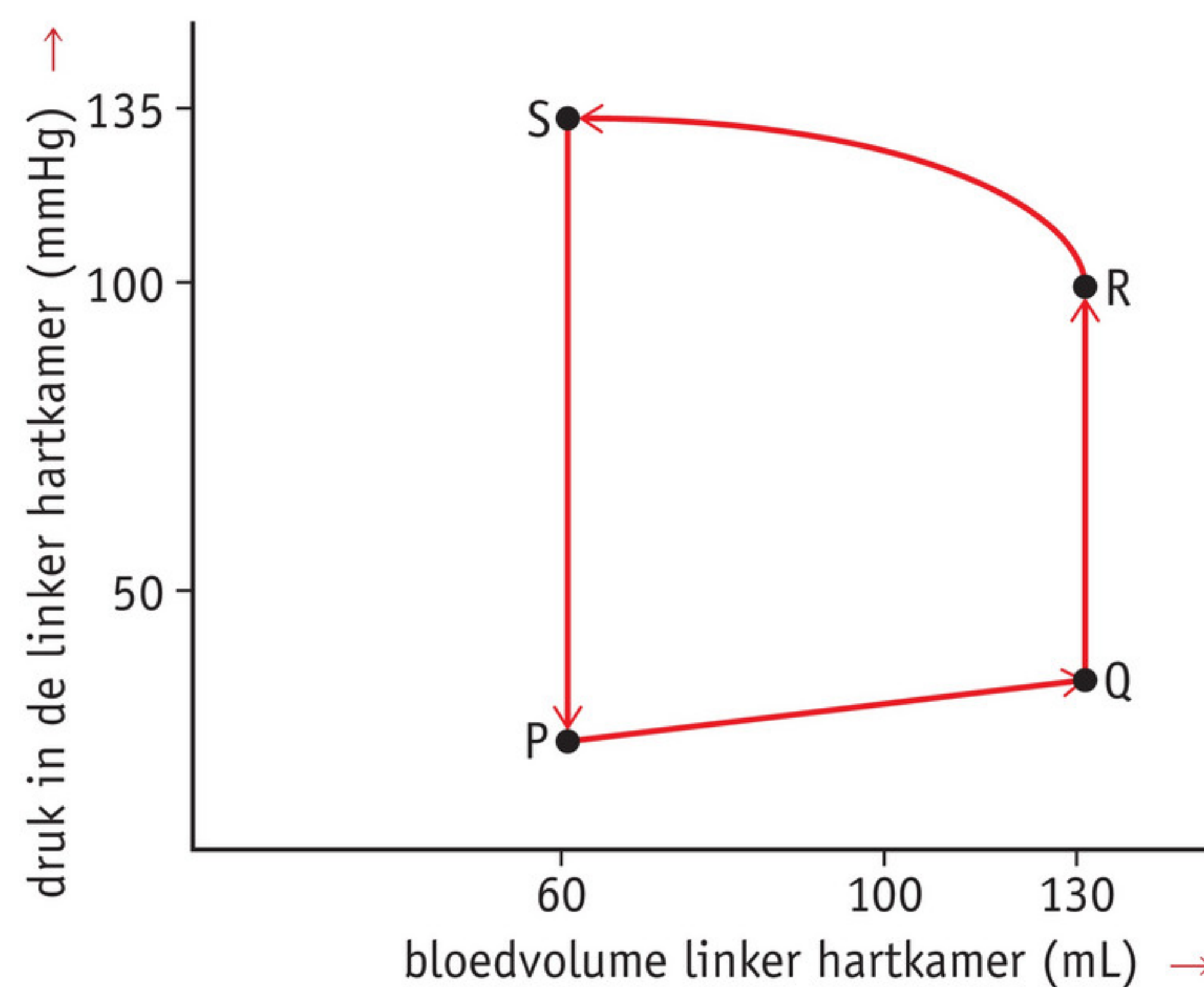
parameter	tijdens rust	tijdens inspanning
zuurstofverbruik (Q)	250 mL/min	1500 mL/min
zuurstofverschil (A-V)	50 mL/L bloed	150 mL/L bloed
hartslag	60 slagen/min	120 slagen/min

Hierover worden de volgende beweringen gedaan:

- I Het hartminuutvolume is tijdens inspanning 2 keer zo groot als tijdens rust.
- II Het slagvolume is tijdens inspanning groter dan tijdens rust.
- III De hoeveelheid zuurstof die per minuut aan de weefsels wordt afgegeven, is tijdens inspanning 3 keer zo groot als tijdens rust.
- IV Het aantal hartslagen dat nodig is om de weefsels tijdens inspanning van 3000 mL zuurstof te voorzien is 240.

- a Geef voor iedere bewering aan of deze juist of onjuist is.

► Fig. 1



Figuur 1 geeft de relatie weer tussen de druk en het bloedvolume in de linkerkamer tijdens een hartcyclus. P, Q, R en S geven momenten tijdens de hartcyclus weer.

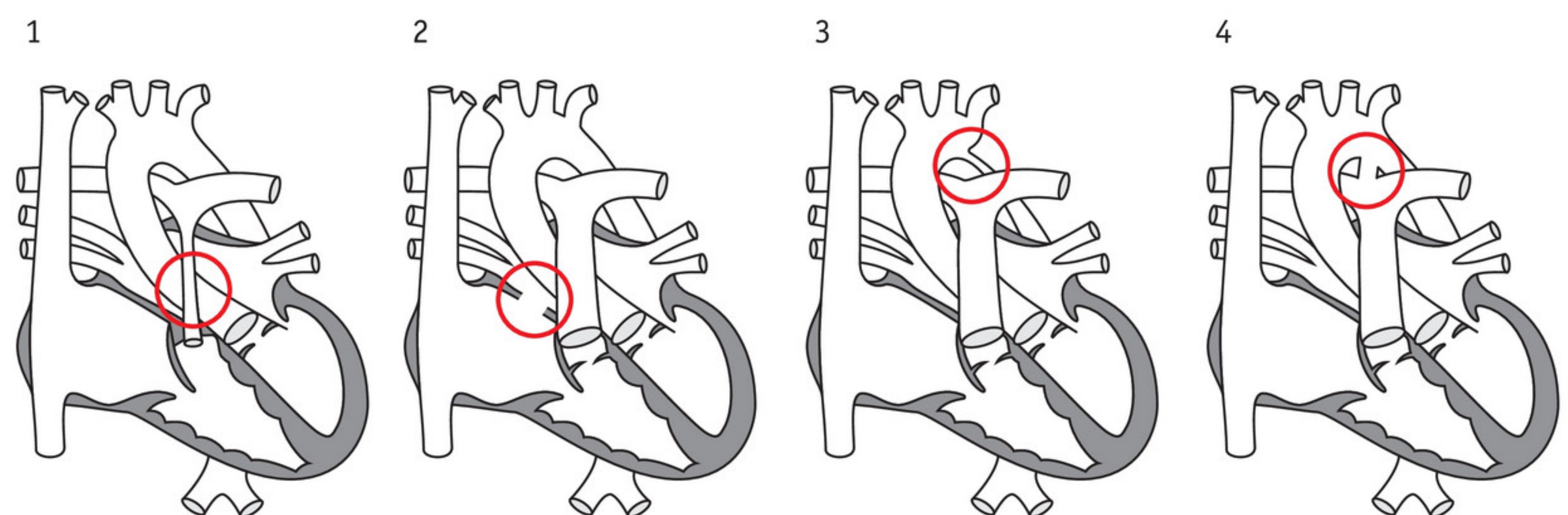
Hierover worden de volgende beweringen gedaan:

- I Bij Q wordt de linker hartklep (mitralisklep) geopend.
- II De uitstroom van bloed uit de linkerkamer eindigt bij S.
- III Als de aortaklep vernauwd is, ligt punt S hoger.
- IV Tussen R en S stroomt er geen bloed van de linkerboezem naar de linkerkamer.

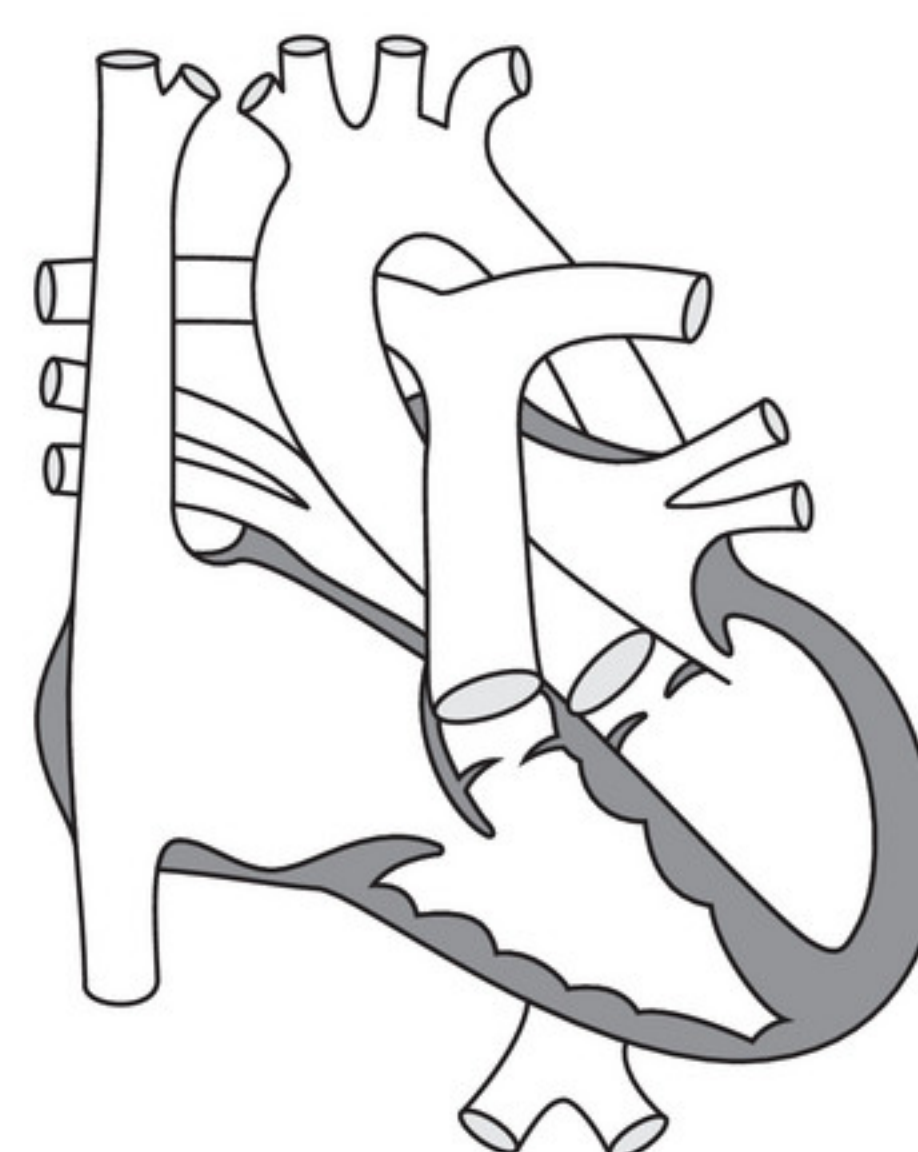
b Geef voor iedere bewering aan of deze juist of onjuist is.

Figuur 2a toont vier types van algemeen voorkomende afwijkingen aan het hart en de bloedvaten rondom het hart. De cirkel geeft aan waar de afwijking te zien is. In figuur 2b is een normaal hart afgebeeld.

► Fig. 2a



► Fig. 2b



normaal

Over de vier types worden de volgende beweringen gedaan, waarbij steeds wordt vergeleken met een normaal hart:

- I Bij type 1 moet de rechterkamer meer arbeid verrichten.
- II Bij type 2 is het slagvolume van de linkerkamer groter.
- III Bij type 3 is de systolische bloeddruk in de armen hoger.
- IV Bij type 4 is de bloeddruk in de longen hoger.

c Geef voor iedere bewering aan of deze juist of onjuist is.

►► VOORRONDE BIOLOGIE OLYMPIADE 2011, VRAAG 24 T/M 26

Sluit aan bij: T₄, BS₂ en BS₃

Hoge bloeddruk

- 8** In een folder over hoge bloeddruk staat het volgende:
... U voelt niet of uw bloeddruk hoog is. Dat kunnen we alleen vaststellen met een bloeddrukmeter. De bloeddruk wordt uitgedrukt in twee getallen. Het eerste getal is de bovendruk: de druk wanneer het hart zich samentrekt. Het tweede getal is de onderdruk: de druk wanneer het hart zich ontspant. Bij een normale bloeddruk is de bovendruk minder dan 140 en de onderdruk minder dan 90. Uw bloeddruk verandert voortdurend, afhankelijk van de lichaamshouding, activiteiten en emoties ...

Vier leerlingen lezen de folder en doen de volgende beweringen:

- Ashlyn: de bovendruk is afhankelijk van de kracht waarmee de linkerkamer van het hart zich samentrekt.
- Bram: de bovendruk is afhankelijk van de kracht waarmee de rechterkamer van het hart zich samentrekt.
- Cas: de onderdruk is afhankelijk van de weerstand die het bloed in de grote slagaders van de grote bloedsomloop ondervindt.
- Dewi: de onderdruk is afhankelijk van de weerstand die het bloed in de grote slagaders van de kleine bloedsomloop ondervindt.

a Welke leerlingen hebben een juiste bewering gedaan?

- A Ashlyn en Cas
- B Ashlyn en Dewi
- C Bram en Cas
- D Bram en Dewi

Als je snel opstaat, daalt je bloeddruk tijdelijk.

b Wat is de oorzaak van deze bloeddrukverlaging?

- A een tijdelijke verlaging van de hartslagfrequentie
- B een tijdelijke vernauwing van de bloedvaten in de benen en de romp
- C een verminderde terugstroom van bloed vanuit de benen naar het hart
- D een reactie op de bloeddrukverhoging die door deze beweging wordt veroorzaakt

De bloeddruk schommelt voortdurend rond een normwaarde. Als door een sprintje naar de trein je bloeddruk boven deze normwaarde is gestegen, vindt regulatie door het autonome zenuwstelsel plaats. Vier veranderingen die plaats vinden zijn:

- 1 de (ortho)sympathicus wordt actiever
- 2 je hartslagfrequentie vermindert
- 3 het hartminuutvolume neemt toe
- 4 de huidbloedvaten verwijden

c Welke reactie vindt plaats als je na de sprint een zitplaats in de trein gevonden hebt?

Geef voor elke verandering aan of deze dan wel of niet plaatsvindt.

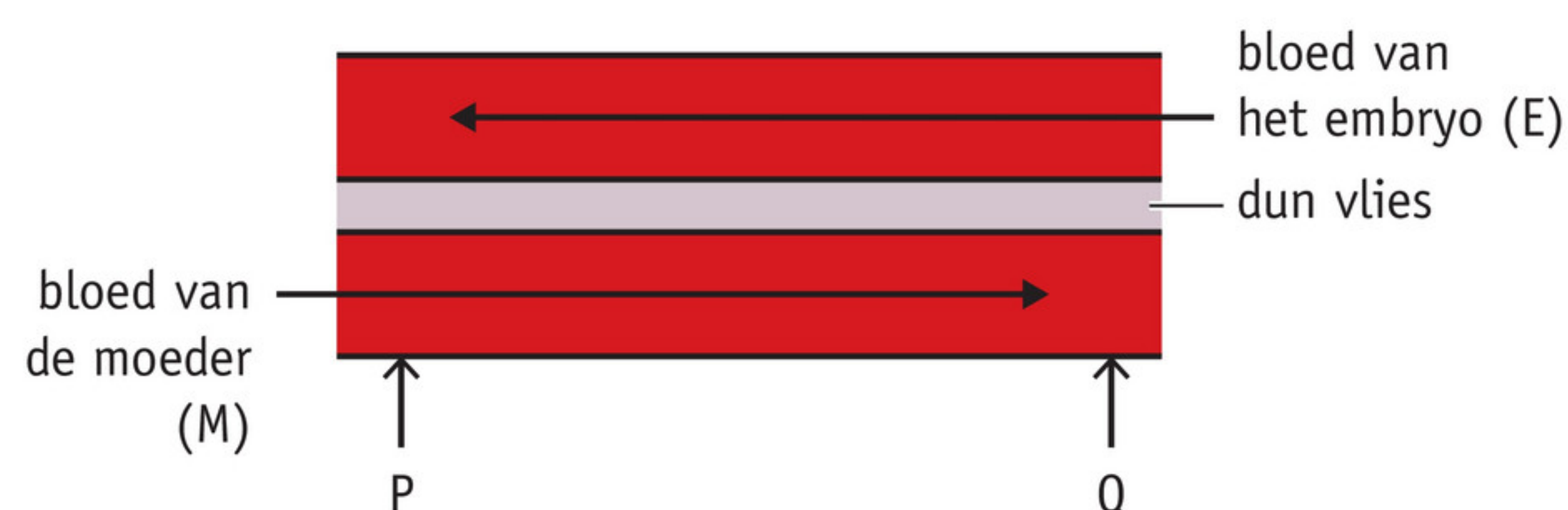
► ► VOORRONDE BIOLOGIE OLYMPIADE 2014, VRAAG 19

Sluit aan bij: T5, BS1

Placenta

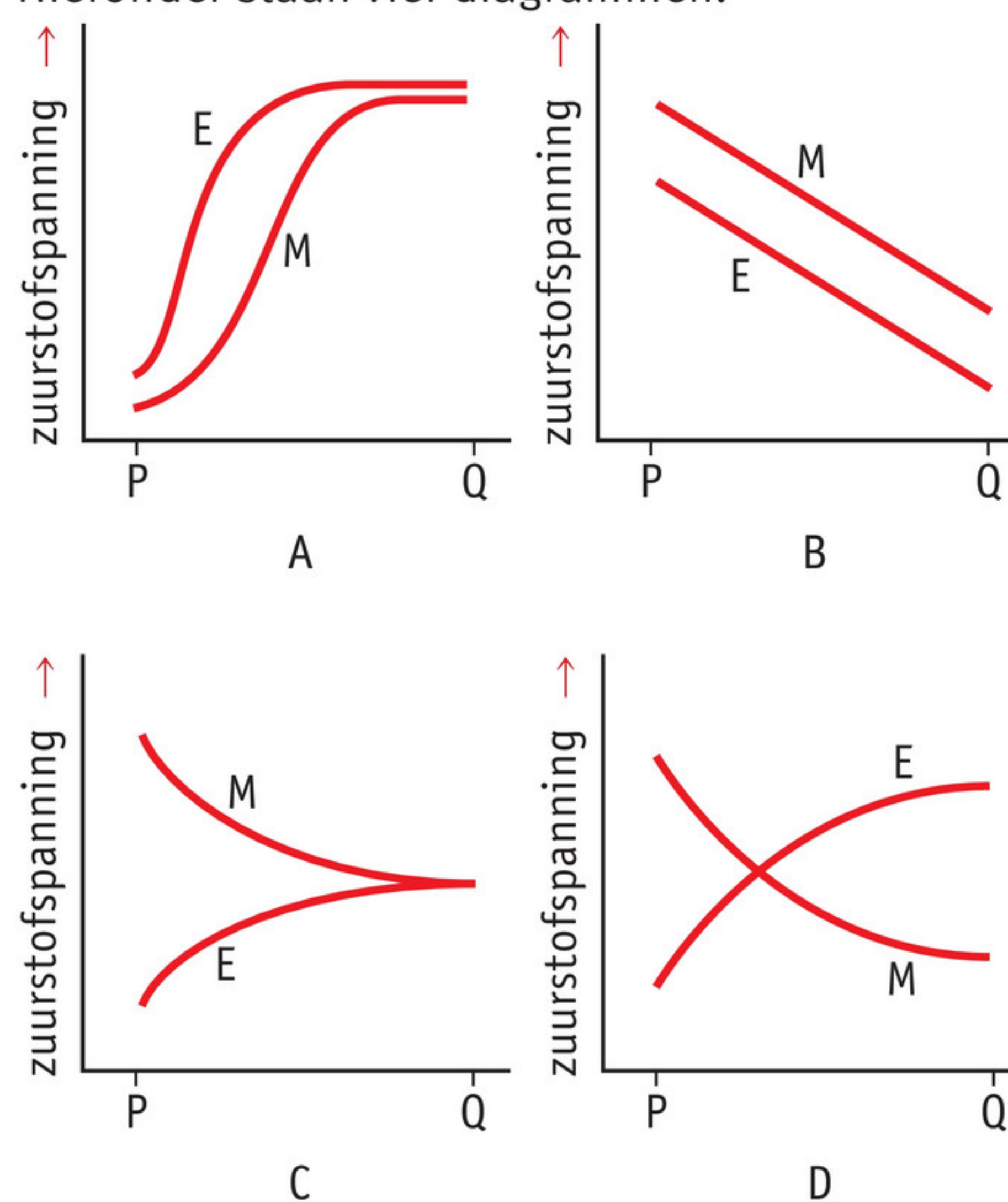
- 9 In afbeelding 3 is een deel van een placenta schematisch getekend. Door het dunne vlies (de zogenaamde placentaire barrière) vindt gaswisseling plaats.

► Afb. 3



► Afb. 4

Hieronder staan vier diagrammen.



In welk diagram is de zuurstofspanning van het bloed van de moeder (M) en dat van het embryo (E) tussen P en Q juist weergegeven?

»  VOORRONDE BIOLOGIE OLYMPIADE 2016, VRAAG 5 T/M 7
 Sluit aan bij: T5, BS4 en BS5

Kappen zonder nierfalen kán

- 10** In Nicaragua overlijden veel mannen die werken als suikerrietkapper aan nierfalen.

► Afb. 5



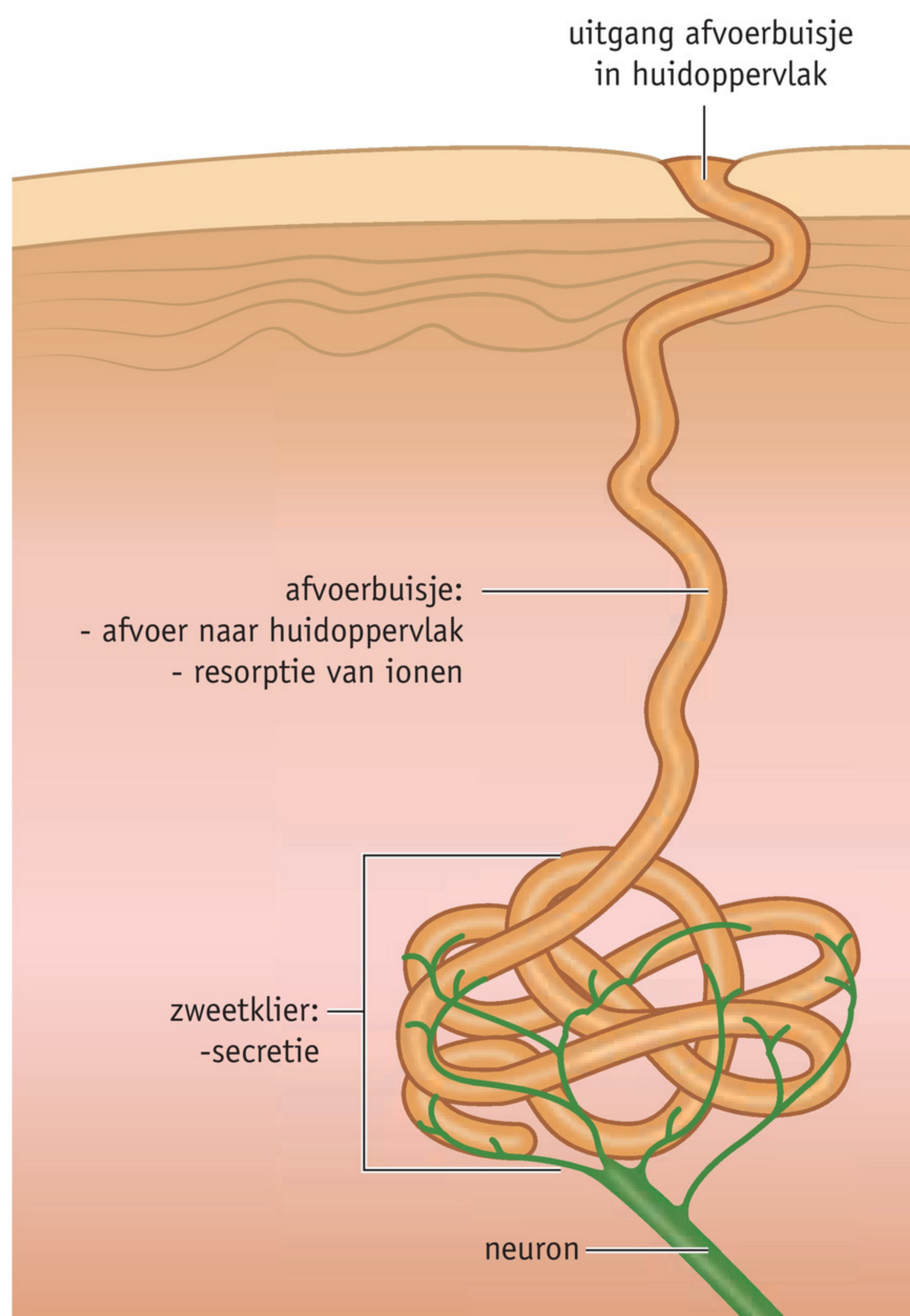
Suikerrietkappers leveren een fysieke topprestatie in de volle zon, bij een hoge luchtvochtigheid. Tijdens de uren die ze op een dag werken verliezen zij, ondanks het feit dat zij dan verscheidene liters water drinken, tot netto 2,4 liter water. Hierdoor worden ze duizelig en misselijk en kunnen ze op de lange termijn nierschade oplopen. Onderzoek toont aan dat suikerrietkappers beschermd worden tegen nierfalen als ze voldoende drinken, in de schaduw mogen pauzeren en frisdranken met veel suiker vermijden zolang ze uitgedroogd zijn.

Tijdens het werk transpireren de rietkappers veel, waardoor hun bloedvolume afneemt. Hierdoor daalt de bloeddruk en wordt hun bloed stroperiger (de viscositeit stijgt). De huiddoorbloeding en warmteafgifte verminderen.

Over de veranderingen in de bloedsomloop als gevolg van het transpireren worden de volgende beweringen gedaan.

- I De bloedstroom wordt langs de zweetklieren geleid in plaats van door de huid.
- II De osmotische waarde van het bloed daalt, doordat de zweetklieren veel zouten aan het bloed onttrekken.
- III De stroomsnelheid van het bloed in de haarvaten van de huid neemt af.
- IV Er treedt vaatvernauwing op, doordat de kringspieren rond de slagadertjes in de huid samentrekken.

► Afb. 6



a Geef voor iedere bewering aan of deze juist of onjuist is.

Ook de nieren worden minder goed doorbloed en zullen hierdoor na verloop van tijd beschadigd raken.

b Welk onderdeel van de cellen van nefronen (=niereenheden) zal - als gevolg van de verminderde doorbloeding - als eerste zijn functie verliezen? Welk proces zal daardoor als eerste afnemen?

<i>celonderdeel</i>	<i>proces</i>
A celmembraan	terugresorptie
B celmembraan	ultrafiltratie
C mitochondrium	terugresorptie
D mitochondrium	ultrafiltratie

Eén van de adviezen om nierfalen te voorkomen is om bij uitdroging geen suikerhoudende frisdranken zoals cola of sinas te gebruiken, maar gewoon water te drinken.

c De reden achter dit advies is dat de suikerhoudende frisdrank in vergelijking met water leidt tot...

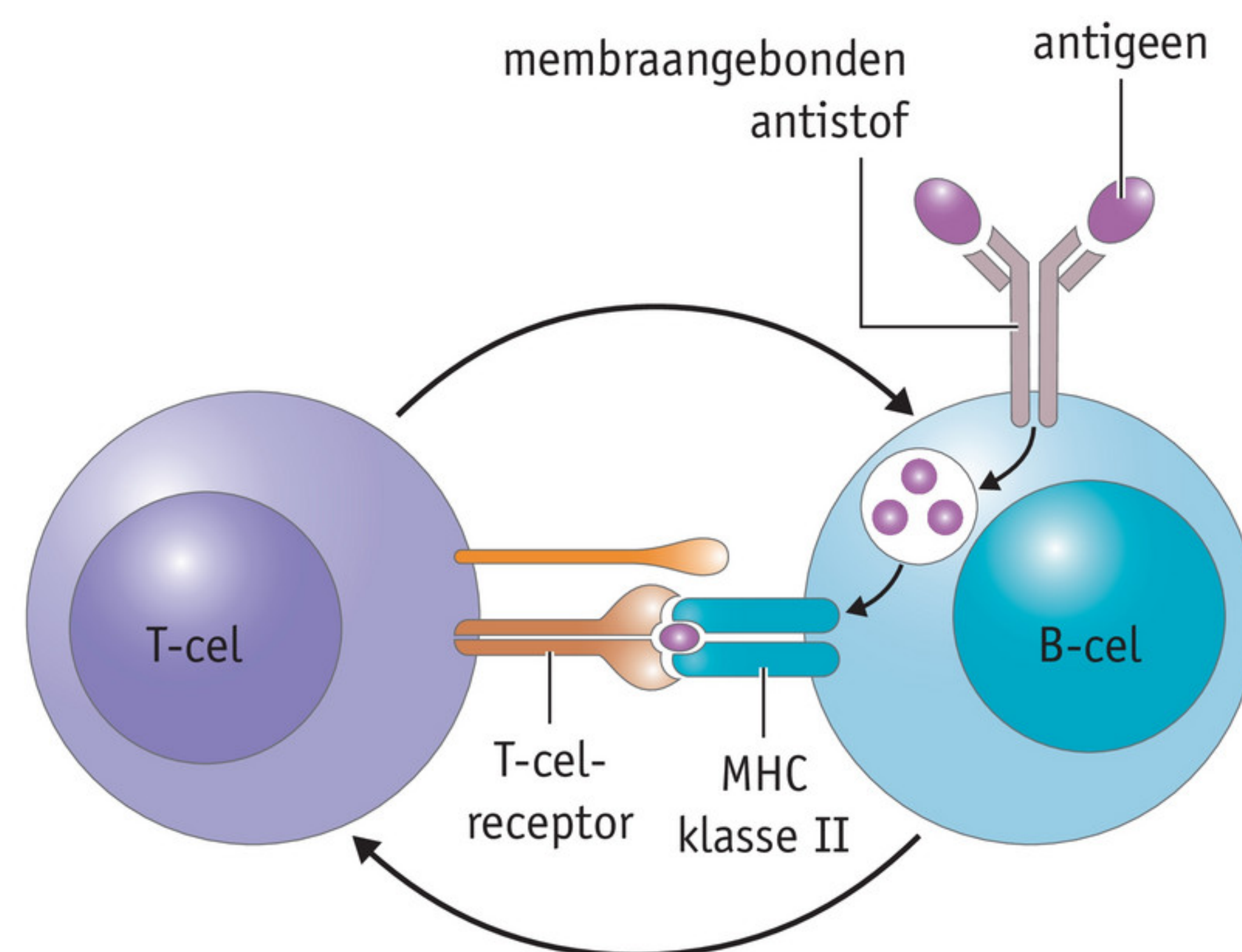
- A een hogere glucoseconcentratie in het bloed.
- B minder terugresorptie in de nieren.
- C minder wateropname in de darm.

Sluit aan bij: T6, BS2

T-B-cel onderonsjes

- 11 Epitopen zijn gedeeltes van eiwitten die herkend kunnen worden door antistoffen, B-cellen en T-cellen. Afbeelding 7 geeft de interactie weer tussen een B- en een T-cel.

► Afb. 7



Een bepaald eiwit bezit vier epitopen: een oligosacharide (O) en drie verschillende peptiden (P₁, P₂, P₃). Hierover worden de volgende beweringen gedaan:

- I Een B-cel zal slechts antistoffen voor het epitoom O produceren, nadat het O-epitoom (of een deel ervan) door een B-cel wordt gepresenteerd aan de T-cel.
- II De vier epitopen kunnen in principe herkend worden door de B-cellen van een organisme.
- III Een B-cel die geactiveerd wordt na blootstelling aan dit eiwit produceert antistoffen die zich aan één van de vier epitopen binden.

Geef voor iedere beweringen aan of deze juist of onjuist is.

▶▶ VOORRONDE BIOLOGIE OLYMPIADE 1992, VRAAG 22*Sluit aan bij: T6, BS4***Testserum**

- 12** Een arts had in een noodsituatie geen testserum ter beschikking om de bloedgroep van een patiënt te bepalen. Wel wist hij dat zijn vrouw A-positief was en zichzelf o-negatief.
Samenvoegen van het bloed van de patiënt met serum van zijn vrouw gaf geen klontering; samenvoegen van het bloed van de patiënt met zijn eigen serum gaf wel klontering.

Welke A-B-o-bloedgroep had de patiënt?

Is op grond van de gegevens de resusfactor van de patiënt te bepalen?

	bloedgroep	bepaling resusfactor
A	A	ja
B	A	nee
C	B	ja
D	B	nee

A

aangeboren afweer.....114
 ABO-systeem.....131
 acceptor.....130
 actieve immunisatie.....126
 acute afstoting.....130
 ademvolume.....74
 aderkleppen.....26
 aders.....26
 ADH.....85
 adhesiekrachten.....12
 afstotingsreactie.....130
 afweer, aangeboren.....114
 afweer, chemische.....110
 afweer, indirecte.....111
 afweer, mechanische.....110
 afweer, verworven.....114
 anorganische sapstroom.....10
 antibioticum.....115
 antidiuretisch hormoon (ADH).....85
 antigeen.....116
 antigeen-antistofcomplex.....118
 antigeen-presenterende cel (APC).....118
 antiresus.....134
 antistoffen.....118
 aorta.....20
 APC.....118

B

B-cellen.....117
 B-geheugencellen.....120
 B-lymfocyten.....117
 bastvaten.....10
 bijholten.....61
 bloedarmoede.....38
 bloedcellen, rode.....37
 bloedcellen, witte.....39
 bloeddruk.....31
 bloedplaatjes.....38
 bloedplasma.....36
 bloeds serum.....39
 bloedsomloop.....13
 bloedsomloop, dubbele.....15
 bloedsomloop, enkelvoudige.....13
 bloedsomloop, grote.....15
 bloedsomloop, kleine.....14
 bloedstolling.....38
 boezem.....20
 borstademhaling.....71
 borstbuis.....43
 borstvlies.....70
 bovendruk.....31
 bronchiën.....61

bronchiolen.....61
 buikademhaling.....71

C

capillaire werking.....12
 centrale cilinder.....11
 chemische afweer.....110
 CO₂-concentratie.....63
 cohesiekrachten.....12

D

diffusie.....63
 dode ruimte.....74
 donor.....130
 Donorregister.....130
 donorverklaring.....130
 dubbele bloedsomloop.....15

E

ecg.....23
 elektrocardiogram (ecg).....23
 endodermis.....11
 enkelvoudige bloedsomloop.....13

F

fagocyten.....114
 fibrine.....39
 fibrinogeen.....39

G

gal.....78
 galblaas.....78
 galgang.....78
 gaswisseling.....60
 grote bloedsomloop.....15

H

haarvaten.....26
 haarzakjes.....88
 halvemaanvormige kleppen.....20
 hartinfarct.....31
 hartkleppen.....20
 hartpauze.....21
 hartruis.....21
 hartslagfrequentie.....23
 harttonen.....21
 harttussenwand.....20
 hemoglobine.....38, 64
 hemolyse.....132
 HLA.....130
 hoornlaag.....87
 houtvaten.....10
 huid.....110

huidmondjes.....12, 67
 Human Leukocyte Antigen (HLA).....130

I

immunisatie.....124
 immunisatie, actieve.....126
 immunisatie, passieve.....126
 immuniteit, kunstmatige.....124
 immuniteit, natuurlijke.....124
 immuun.....124
 incubatietijd.....124
 indirecte afweer.....111
 infectie.....108

K

kamer.....20
 kapsel van Bowman.....83
 kiemlaag.....87
 kleine bloedsomloop.....14
 kraakbeenringen.....61
 kransaders.....19
 kransslagaders.....19
 kunstmatige immuniteit.....124

L

lederhuid.....88
 lever.....78
 leverlobjes.....78
 lichaamseigen.....109
 lichaamsvreemd.....109
 linkerboezem.....20
 linkerharthelft.....14
 linkerkamer.....20
 lis van Henle.....83
 longblaasjes.....62
 longcapaciteit.....74
 longen.....60
 longslagader.....20
 longvlies.....70
 luchtpijp.....61
 lymfe.....43
 lymfeklieren.....43
 lymfeknopen.....43
 lymfesysteem.....43
 lymfevaten.....43
 lymfocyten.....114

M

macrofagen.....115
 Major Histocompatibility Complex (MHC).....130
 mechanische afweer.....110
 melanine.....110

MHC 130
middenrifademhaling 71

N

natuurlijke immuniteit 124
neusslijmvlies 60
nierbekken 82
nierbuisje 82
niereenheid 82
nieren 82
nierkapsel 83
niermerg 82
nierschors 82

O

O₂-concentratie 63
oedeem 44
onderdruk 31
open circulatiesystemen 13
opperhuid 87
organische sapstroom 10

P

passieve immunisatie 126
poortader 29
primaire reactie 124

R

receptoreiwitten 116
rechterboezem 20
rechterharthelft 14
rechterkamer 20
rechterlymfestam 43
restvolume 74
resusantigeen 134
resusfactor 131, 134
resuskindje 135
ribademhaling 71
rode beenmerg 37, 114
rode bloedcellen 37

S

secundaire reactie 124
sinusknoop 22
slagaders 26
slagvolume 23
slijmvliezen 110
sluitcellen 68
stembanden 61
stollingsfactoren 39
strotklepje 61
strottenhoofd 61

T

T-cellen 117
T-geheugencellen 120
T-lymfocyten 117
talg 88
talgklieren 88
terugresorptie 84
thermoregulatie 88
transplantatie 130
trilhaarepitheel 60

U

ultrafiltratie 83
ureum 80
urine 82
urineblaas 82
urinebuis 82
urineleiders 82

V

vaatgeruis 31
vaccin 124
vaccinatie 124
ventilatiebewegingen 71
verworven afweer 114
verzamelbuisjes 82
vitale capaciteit 74
voorurine 83

W

waterhuishouding 85
weefselvloeistof 42
witte bloedcellen 39
worteldruk 11
wortelharen 10

Z

ziekteverwekkers 108
zweet 88
zweetklieren 88

AUTEURS

Deze release bouwt voort op de eerdere edities van BVJ geschreven door:

Arteunis Bos, Marianne Gommers, Arthur Jansen, Onno Kalverda, André van Leijen, Ruud Passier, Hans Rawee, Theo de Rouw, Gerard Smits, Ben Waas, René Westra

REDACTIE

Ivonne Hermens
Grada Hooijer

FOTO'S EN ILLUSTRATIES

123RF: thema 4: ontdekken 1, 32, 40, samenhang 2; thema 6: practica 1(foto); Dominique Apers, Malnova Banejo, Clinge: thema 4: 51; Associated Press / Hollandse Hoogte, Den Haag: thema 4: 4, 5, 6, 8, 10, 18, 21, 25, 28, 33, 34, 35, 37, 41, 46; thema 5: 5, 7, 10, 11, 12, 18, 19, 21, 22, 23, 25, 34; thema 6: 8, 9, 12, 19, 20, 22, 23, 24, 28, 29, 35; olympiade: 1, 2a, 2b, 3, 4, 6, 7; Uit examen: thema 4: examentrainer 1, examentrainer 2; thema 5: examentrainer 1, examentrainer 3; thema 6: examentrainer 1; Science Photo Library / ANP Photo, Rijswijk: thema 4: 16.1, 16.2, 24, 44; thema 5: 2.3; thema 6: 3.1, 3.2, 3.4, 16, 21, 33.1, 33.2, samenhang 1; Martijn Boudenstein Infographics, Rotterdam: Dreamstime: thema 4: 23, practica 2; Pieter van Gageldonk, RIVM Billthoven: thema 6: 30; Dr. W. Gehring, University of Basel, Zwitserland: thema 5: 26; www.glofish.com / Wikimedia Commons: thema 6: 37; Hollandse Hoogte, Den Haag: olympiade: 5; Imageselect, Wassenaar: thema 4: ontdekken lb, 42; thema 6: 3.3; iStockphoto: thema 6: ontdekken lb; Medical Visuals / Maartje Kunen, Arnhem: thema 4: 1, 2, 3; thema 6: 1, 2, 10; Medistudents - www.medistudents.com: thema 4: 30; Nationale Beeldbank, Rotterdam: thema 5: ontdekken lb, ontdekken 2; Nierstichting, Bussum: thema 5: 35; Rijksoverheid: thema 6: 27, 31; Shutterstock: thema 4: 13, 39, 49; thema 5: 15, samenhang 1; thema 6: 25, 26; thema 7: 7; Bas Teunis Zoölogical Illustrations, Sinderen: thema 7: 3, 4, 5, 6; Voermans Van Bree Fotografie, Arnhem: thema 5: practica 1, practica 2; Henk van de Vrande: thema 4: 14, 40; thema 5: 4.2, 14; thema 6: 34; thema 7:

ONTWERP

Uitgeverij Malmberg

OPMAAK

Pointer grafische vormgeving, Geldrop

BEELDVERWERVING

B en U International Picture Service, Amsterdam

1; Stichting Vrienden van Loesje, Arnhem: thema 4: samenhang 1; Wikimedia Commons: thema 5: 29

BEELDEN OMSLAG EN THEMAOPENINGEN

omslag: stuifmeelbuis op stamper gentiaan, Susumu Nishinaga/ Science Photo Library/Getty Images
thema 4: rode bloedcellen, Science Photo Library / ANP Photo, Rijswijk
thema 5: sporter, Getty Images
thema 6: macrofagen en larve, Science Photo Library / ANP Photo, Rijswijk
thema 7: astronaut, Shutterstock

De uitgever heeft getracht met alle rechthebbenden op beelden en tekst in contact te treden. Mogelijk is dit niet in alle gevallen gelukt. Degene die meent op beelden en/of tekst recht te kunnen doen gelden, wordt verzocht in contact te treden met Uitgeverij Malmberg te 's-Hertogenbosch.

ISBN 978 94 020 6506 0

Release 2020, eerste oplage

MALMBERG

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16b Auteurswet 1912 j° het Besluit van 20 juni 1974, St.b. 351, zoals gewijzigd bij het Besluit van

23 augustus 1985, St.b. 471, en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3051, 2130 KB Hoofddorp). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

© Malmberg 's-Hertogenbosch



Je mag dit boek houden.
Handig als naslagwerk.



Je mag in dit boek schrijven
en aantekeningen maken.



Je hebt ook toegang tot
de online leeromgeving.

EINDREDACTIE

Ilse Gmelig

Lineke Pijnappels

AUTEURS

Marianne Gommers

Arthur Jansen

André van Leijen

Ruud Passier

Hans Rawee

Theo de Rouw

MET MEDEWERKING VAN

Paula van Kranenburg

Cees Mulder

René Westra

ISBN 978 94 020 6506 0



593620